

THÈSE DE

PARIS.

1888.

N^o. 27.

112

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

M. COURCHET

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LES CHROMOLEUCITES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 25 juillet 1888 devant la commission d'examen.

MM. HÉBERT. *Président.*

BONNIER. } *Examineurs.*

DASTRE. }

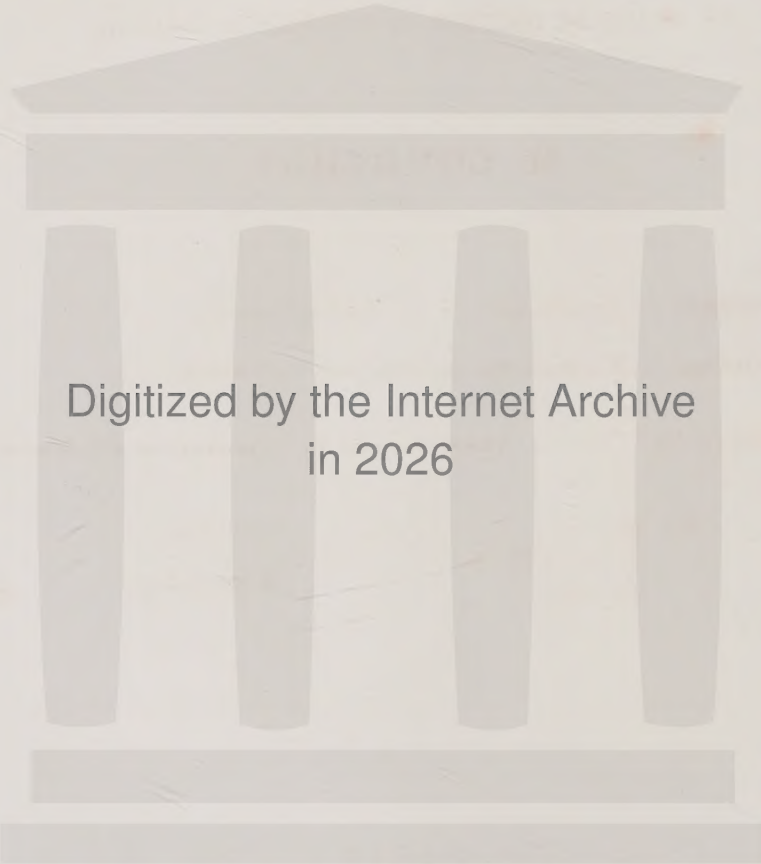
PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, en face de l'École de médecine

1888



Digitized by the Internet Archive
in 2026

SÉRIE A, N° 112

N° D'ORDRE

637

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

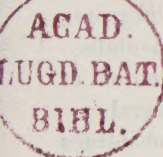
PAR

M. COURCHET

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LES CHROMOLEUCITES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 25^e juil. 1888 devant la commission d'examen.



MM. HÉBERT.	<i>Président.</i>
BONNIER.	} <i>Examineurs.</i>
DASTRE.	

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, en face de l'École de médecine

1888

ACADÉMIE DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

MM.

Doyen. HÉBERT, Professeur. Géologie.

Professeurs honoraires. { PASTEUR.
DUCHARTRE.

DE LACAZE-DUTHIERS. Zoologie, Anatomie,
Physiol. comparée.

HERMITE. Algèbre supérieure.

TROOST. Chimie.

FRIEDEL. Chimie organique.

OSSIAN BONNET. Astronomie.

DARBOUX. Géométrie supérieure

DEBRAY. Chimie.

TISSERAND. Astronomie.

LIPPMANN. Physique.

HAUTEFEUILLE. Minéralogie.

BOUTY. Physique.

Professeurs. APPELL. Mécaniq. rationnelle.

DUCLAUX. Chimie biologique.

BOUSSINESQ. Mécanique physique
et expérimentale.

PICARD. Calcul différentiel et
calcul intégral.

POINCARÉ. Calcul des probabilités
et Physique mathé-
matique.

Y. DELAGE. Zoologie, Anatomie,
Physiologie compa-
rée.

BONNIER. Botanique.

DASTRE. Physiologie.

Professeurs adjoints. { WOLF. Physique céleste.

CHATIN. Zoologie, Anatomie,
Physiol. comparée.

JOLY. Chimie.

Secrétaire. PHILIPPON.

A MÔN EXCELLENT MAITRE

M. CH. FLAHAULT

PROFESSEUR

A LA FACULÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

Hommage de vive affection et de
profonde reconnaissance.

RECHERCHES

SUR

LES CHROMOLEUCITES

Par M. COURCHET

INTRODUCTION

L'étude morphologique et physiologique du protoplasma et de ses dérivés a fait, depuis dix ans, des progrès qui ont révolutionné les sciences biologiques, en les faisant entrer dans une voie synthétique que les travaux de Cl. Bernard sur la physiologie générale pouvaient à peine laisser entrevoir. Les noms de MM. Strasburger, Flemming, Guignard, Schmitz, etc., sont définitivement attachés à l'histoire du protoplasma et du noyau cellulaire dont ces savants ont tracé les grandes lignes. Cependant bien des données nous manquent encore pour que nos connaissances à cet égard soient complètes : l'étude des formes diverses que revêt la matière vivante, des phénomènes par lesquels elle révèle sa vitalité, et des produits si nombreux qui s'élaborent dans son sein offrira longtemps encore aux investigateurs un champ de recherches des plus délicates, mais aussi des plus fécondes et des plus importantes pour l'histoire générale des êtres vivants. Enfin, il faut bien le reconnaître, si nous connaissons actuellement d'une manière assez complète la constitution de la matière vivante, sous quelque forme qu'elle se présente, si les progrès de l'optique nous ont permis d'assister aux principaux phénomènes dont elle est le siège, à la multiplication et aux métamorphoses des leucites, à la naissance et à la résorption de l'amidon, aux modifications qui se produisent au sein du

protoplasma et du noyau, l'essence même de cette activité nous est encore inconnue. Les leucites dont l'étude fait l'objet de ce travail représentent l'une des formes les plus intéressantes de la matière vivante, et les divers pigments qu'ils élaborent seront pour nous une nouvelle preuve de la variété des produits de leur activité.

C'est dans le but de contribuer à établir la vérité sur ces questions fondamentales en matière de biologie que nous avons entrepris des recherches sur les pigments végétaux de forme figurée, autres que la chlorophylle. Notre tâche était des plus difficiles : malgré les soins minutieux qu'exigent ces observations, il faut les reprendre plusieurs fois pour acquérir une complète certitude. Cette étude exige en outre l'emploi des appareils les plus puissants et les plus perfectionnés ; enfin le choix des réactifs et la manière de les employer constituent par eux-mêmes une véritable science à laquelle il faut être initié déjà pour aborder ce sujet d'une manière utile.

En raison même des difficultés inhérentes au sujet, il faut apporter dans la façon de le traiter une extrême prudence et beaucoup de lenteur. Aussi laissant de côté, pour le moment, l'ensemble de la question, nous bornons-nous à livrer à la publicité nos observations sur le développement et la structure des corps colorés chez les végétaux phanérogames. Nous ne nous occuperons pas ici des Cryptogames, car ils présentent à cet égard des particularités qui méritent une attention spéciale. Nous n'aborderons pas non plus l'étude physiologique des corps colorés, nous réservant de compléter ultérieurement nos recherches sur ce côté de la question. En circonscrivant ainsi notre travail, nous avons pu le traiter avec l'attention qu'il mérite, et nous appuyer sur des observations aussi nombreuses qu'attentives, poursuivies pendant trois années avec l'outillage le plus perfectionné que les opticiens français et étrangers fournissent à nos laboratoires.

Nous diviserons notre sujet en deux parties :

Dans la première nous étudierons les chromoleucites au point de vue morphologique. Nous y joindrons l'étude des pig-

ments cristallisés qui, pour se rencontrer à peu près indépendants des leucites à l'état de développement parfait, n'en sont pas moins des produits de leur activité.

Dans la seconde nous exposerons les caractères microchimiques des pigments dont l'étude organogénique et morphologique a fait l'objet de la première partie, et nous tâcherons d'établir quelques données générales sur les matières colorantes des végétaux en les comparant avec celles qui se présentent sous d'autres formes à l'état naturel.

HISTORIQUE

Bien avant que les progrès de l'optique appliquée aux études biologiques aient permis une étude rigoureuse des matières colorantes végétales, les naturalistes avaient été frappés de la variété et de la richesse des colorations que présentent les plantes. Toutefois les premiers travaux consacrés à leur étude les considèrent à peu près invariablement au point de vue chimique. Beaucoup plus tard encore, alors que les progrès de la micrographie eurent imprimé à ces investigations une direction toute nouvelle et éminemment féconde, quelques savants n'en ont pas moins continué les recherches analytiques des premiers observateurs. Les micrographes, de leur côté, ont dû recourir aux réactifs, et la suite de ce travail mettra en lumière les secours que la microchimie prête aux études morphologiques sur les leucites.

L'histoire complète de la question devrait être divisée en deux périodes : celle des recherches purement chimiques, et la période actuelle caractérisée par la part de plus en plus grande de l'observation microscopique. Relativement au but que nous nous proposons et au cadre que nous nous sommes tracé, cette seconde période offre seule de l'intérêt. D'un autre côté nous négligerons à dessein tout ce qui a trait à l'histoire, soit chimique, soit morphologique, de la chlorophylle, dont nous ne nous occuperons, dans la suite de ce travail, que dans la mesure imposée par les liens étroits et par l'origine

commune des corps chlorophylliens et des autres leucites colorés.

Nous renvoyons donc, pour la connaissance de ces premières recherches, aux écrits de R. Boyle, qui paraît avoir signalé le premier quelques faits intéressants au sujet des matières colorantes des fleurs et des fruits, aux travaux plus scientifiques de Schübler et Frank (1), de A.-P. Candolle (2), de Cl. Marquart (3), de Hope (4), de M. Morot (5), de MM. Fremy et Cloëz (6), de M. Martin, enfin de M. Filhol. Nous aurons d'ailleurs à recourir à quelques-uns des travaux de ces derniers auteurs lorsque nous nous occuperons des matières colorantes des fleurs et des fruits au point de vue microchimique.

Nous nous contenterons de dire que tout récemment M. A. Hansen (7) a cru devoir grouper les matières colorantes des fleurs et des fruits en trois catégories : 1^o les teintes jaunes représentées par deux matières colorantes distinctes dont l'une, qu'il nomme *lipochrome*, se présente dans les organes sous forme de granules, et l'autre en solution ; 2^o les teintes rouges ; 3^o les teintes bleues et violettes. Les teintes de cette dernière catégorie ne sont, d'après M. Hansen, que des dérivés de la matière colorante rouge. Nous verrons plus loin quels sont les points où nos recherches personnelles confirment les données de M. Hansen et en quoi elles les modifient.

Indépendamment des travaux qui viennent d'être rapidement signalés, nous mentionnerons encore les observations de M. J. Reinke (8) sur certains principes qu'il désigne sous le nom de *chromogènes*, et qui, incolores par eux-mêmes,

(1) *Untersuchungen über die Blütenfarben*. Tübingen, 1825.

(2) *Physiologie végétale*, p. 907.

(3) *Die Farben der Blüten*. Bonn, 1835.

(4) *Institut*, 15 février 1837.

(5) *Recherches sur la coloration des végétaux* (*Ann. des sc. nat.*, t. XIII, année 1850, p. 160-225).

(6) *Note sur les matières colorantes des fleurs* (*Journal de pharmacie*, t. XXV, année 1854, p. 241-255).

(7) A. Hansen, *Die Farbstoffe der Blüten und der Früchte*. Würzburg, 1884.

(8) *Zeitschrift für Physik und Chemie*, t. IV, année 1883, p. 263.

peuvent donner naissance, par voie d'oxydation, à des matières colorantes, et les recherches de M. Pick (1) sur la matière colorante rouge des jeunes rameaux, des feuilles naissantes et des nervures qu'il suppose provenir d'une transformation de substances hydrocarbonées sous l'influence de la lumière. Enfin, nous reviendrons d'une façon toute spéciale sur les recherches chimiques ou microchimiques que nous jugerons propres à confirmer ou à éclairer d'une lumière nouvelle les données qui font l'objet de notre mémoire ; mais dans l'ensemble, tous ces travaux appartiennent maintenant à l'histoire de la science et n'ont plus aucune importance actuelle.

Les premières observations morphologiques sur les leucites, dignes d'être signalées, sont dues à Unger, en 1846 (2) ; quelques années plus tard, H. Mohl (3) fit sur le même sujet d'intéressantes recherches. Enfin en 1858 M. Trécul (4) étudia le développement des chromoleucites ; mais voulant mettre les phénomènes observés par lui en harmonie avec la théorie cellulaire dont il était un ardent défenseur, cet auteur adopta des interprétations qui furent plus tard vivement combattues ; il admit que les leucites en fuseaux proviennent par déhiscence de leucites vésiculaires. Nous aurons à exposer et à discuter plus loin les diverses hypothèses qui ont été soutenues à cet égard.

Les recherches exécutées dans le même sens par M. Weiss (5), depuis 1864, sont beaucoup plus étendues ; ses conclusions sont, d'ailleurs, peu différentes de celles de M. Trécul. Les corps orangés sont, dit-il, composés d'une infinité de granules colorés, souvent inclus dans une vésicule. Les corpus-

(1) *Bedeutung des rothen Farbstoffes bei der Phanerogamen, und der Beziehung derselben zur Stärkewanderung* (Botanische Centralblatt, t. XVI, nos 9-12).

(2) *Anatomie und Physiologie der Pflanzen*, 1846, p. 110.

(3) *Vegetabilische Zelle*, 1851. — *Ueber den Bau des Chlorophylls* (Botanische Zeitung, 1855).

(4) *Annales des sciences naturelles, Botanique*, 4^e série, vol. X, année 1858.

(5) *Sitzungsb. der Wiener Akad.*, vol. XLIX, année 1864. — *Ibid.*, année 1866. — *Allgemeine Botanik*, vol. I, année 1878.

eules jaunes affectent des formes analogues, et il en est de même, quoique bien plus rarement, des formations rouges et bleues. Quant à l'origine des chromoleucites, M. Weiss admet qu'ils proviennent, soit de corps chlorophylliens par voie de métamorphose, soit par formation libre et condensation du protoplasma autour de grains d'amidon. Nous verrons que le premier de ces deux modes, admis par M. Weiss, se trouve fréquemment réalisé dans la nature; le second, nié par M. Schimper, se présenterait également d'une manière assez fréquente, d'après M. Belzung.

En 1857, Hofmeister (1) donna, au sujet de la genèse des fuseaux colorés, une théorie plus conforme avec les idées actuellement reçues; mais, en 1872, M. G. Kraus (2) reprit, en la modifiant, l'hypothèse de M. Trécul touchant cette origine. Les chromoleucites fusiformes ne sont, pour M. Kraus, que de simples états de dégradation des vésicules primitives, idées peu conformes avec le fait que nous offrent certains organes colorés qui, tout jeunes encore, renferment des leucites en fuseaux.

Le travail de M. A. Millardet (3), en 1876, réalise un progrès. L'auteur y étudie en détail la matière colorante rouge de la Tomate qu'il désigne sous le nom de *solanorubine*. Les corpuscules colorés de ce fruit contiennent, d'après lui, de la xanthophylle amorphe et de grands cristaux de matière colorante, le plus souvent en aiguilles, d'un rouge pâle, dont les caractères physico-chimiques sont exposés d'une façon nette et complète. L'auteur s'est également occupé du mode de formation de ces chromoleucites aux dépens de corps chlorophylliens, et des rapports génétiques de la solanorubine et de la chlorophylle.

En 1883, M. Schimper (4) désavoue entièrement l'opinion

(1) *Pflanzenzelle*, 1867, p 367.

(2) *Pringsheim's Jahrbücher*, t. VIII, p. 135.

(3) *Note sur une matière colorante nouvelle (solanorubine) découverte dans la Tomate*, Nancy, 1876.

(4) *Ueber die Gestalten der Stärkebildner und Farbkörper (Botanische Zeitung*, 1883).

antérieurement émise par lui (1) au sujet de la genèse des leucites qu'il pensait alors devoir naître librement par condensation du protoplasma autour de centres distincts. Il admet que tous les chromatophores verts et toutes les formations analogues proviennent constamment de formations semblables préexistantes, soit par voie de division, soit par simple métamorphose. L'auteur rattache la formation des corps colorés en fuseaux et de ceux en forme de tables à trois ou plusieurs pointes à la cristallisation de la matière protéique qui en constitue le substratum.

Dans un mémoire publié peu après, M. Fritsch (2) reprit les idées de MM. Trécul, Weiss et Kraus touchant l'origine des fuseaux colorés, et la même année parut un travail de M. A. Meyer (3) beaucoup plus étendu que les précédents, travail dans lequel se trouve confirmée la connexion génétique des chromoleucites et des autres formations analogues de nature protéique, telle que M. Schimper l'avait conçue déjà. M. Meyer, pourtant, se trouve en désaccord avec ce dernier auteur au sujet du mode de formation des fuseaux et des tables triangulaires ou à pointes multiples : pour M. Meyer, c'est le pigment seul qui, en cristallisant au sein du substratum protéique, entraîne ce dernier dont le rôle serait ainsi purement passif; M. Schimper, après avoir tout d'abord combattu les idées de M. Meyer, s'est vu plus tard contraint de les admettre, au moins pour un grand nombre de cas.

Avant de faire connaître les résultats obtenus par nous, et pour exposer aussi nettement que possible l'état actuel de nos connaissances sur les chromoleucites au moment où nous avons entrepris nos recherches, nous ne saurions mieux faire

(1) *Untersuchung über die Entstehung der Stärkekörner* (Botanische Zeitung, 1880).

(2) *Ueber farbige körnige Stoffe des Zellinhalts* (Pringsheim's Jahrbücher, vol. XIV, 1883, p. 185).

(3) *Ueber Chlorophyllkörner, Stärkebildner und Farbkörper* (Botanische Centralblatt, 1883, vol. XII, n° 9).

que de donner du dernier mémoire de M. Schimper (1) une analyse aussi concise, et pourtant aussi complète que possible. C'est là, en effet, le point de départ de notre travail, le seul mémoire que nous puissions considérer comme représentant réellement l'histoire de la question envisagée au point de vue de la morphologie et de la biologie du protoplasma. Il a été publié alors que nos recherches étaient avancées déjà; il a été pour nous un encouragement à les poursuivre avec ardeur en nous montrant que les efforts ne sauraient être trop multipliés dans une étude aussi délicate. Il existe, en effet, entre nous, certaines divergences d'opinion qui nous ont mis en garde contre les erreurs dont nos propres observations auraient pu être entachées, et nous ont déterminé à reprendre un à un, dans la mesure du possible, tous les faits signalés par M. Schimper. Nous sommes heureux de reconnaître que la diversité de nos interprétations résulte bien moins de ce que nous avons observé différemment les phénomènes que de la multiplicité de nos observations, observations qui ont porté sur plus de quatre cents espèces réparties dans des familles et des genres très divers.

L'auteur étudie successivement dans ce travail les chromatophores (leucites verts) et les formations qui leur sont analogues, c'est-à-dire les corps protéiques incolores et les corps colorés des fleurs et des fruits. Toutes ces formations sont désignées par lui sous le nom de *plastides*, qu'il distingue dès lors en *chloroplastides* ou corps chlorophylliens, *leucoplastides* ou corps protéiques incolores, et *chromoplastides* ou corps colorés des fleurs, des fruits, etc. Ces dénominations correspondent exactement à celles de *chloroleucites*, *leucileucites* et *chromoleucites*, dues à M. Van Tieghem, et dont nous nous servirons dans le cours de ce travail comme ayant le droit de priorité sur les désignations qui leur sont synonymes.

M. Schimper établit tout d'abord les relations qui existent

(1) *Untersuchungen über die Chlorophyllkörner und die ihnen homologen Gebilde* (Pringsheim's Jahrbücher, vol. XIV, année 1885).

entre toutes ces formations. Contrairement aux idées antérieurement admises par lui, il pense que les leucites proviennent toujours, quelle que soit leur nature, de leucites préexistants. Dans un travail tout récent, M. E. Belzung (1) admet que, non seulement les leucites peuvent naître par voie de formation libre au sein du protoplasma cellulaire, mais encore que l'amidon n'est pas toujours un produit de leur activité. Il croit que les grains de fécule se transforment fréquemment en corps chlorophylliens dont le substratum, de composition ternaire, résulte d'une simple modification chimique de la substance amylacée. Cet observateur a donné à ces formations le nom de *chloroamylites*, pour les distinguer des corps chlorophylliens à substratum protéique ou *chloroleucites*. Ces derniers sont les seuls auxquels nous faisons allusion lorsque nous parlons de corps chlorophylliens dans le cours de notre travail.

Revenons au mémoire de M. Schimper. D'après ce savant, les leuco-, chloro- et chromoleucites peuvent se transformer les uns dans les autres; mais, s'appuyant sur ce que l'on observe chez les Thallophytes, il ne croit pas devoir considérer les leucoleucites comme représentant l'état primitif.

Les chloroleucites et la plupart des chromoleucites ont une structure analogue : ils sont formés d'un substratum ou stroma protéique dans lequel sont englobés des granules, soit de chlorophylle, soit de pigments divers, soit plus rarement de véritables cristaux pigmentaires (2).

Les leucoleucites sont, d'après M. Schimper, tantôt actifs, tantôt inactifs; dans le premier cas, les produits de leur activité sont l'amidon, des cristaux protéiques, de la matière grasse. Les pyrénoides des Algues vertes peuvent être assimilés aux leucoleucites.

(1) *Recherches morphologiques et physiologiques sur l'amidon et les grains de chlorophylle* (Ann. des sc. nat., Botanique, 7^e série, t. V, année 1887, p. 179).

(2) Nous verrons plus loin jusqu'à quel point nous pouvons appliquer à ces formations la dénomination de *cristaux*.

La métamorphose des leucoleucites en chromoleucites s'accompagne à peu près toujours d'un changement de forme, et souvent aussi de phénomènes de cristallisation qui peuvent porter, soit sur le stroma protéique seulement, soit sur le pigment seul, soit enfin en même temps sur les deux parties constituantes des leucites.

La nature de ces cristaux est facile à déterminer : 1° d'après leur coloration ; 2° d'après la manière dont ils se comportent à l'égard des réactifs ; 3° par leur forme ; 4° par leur double réfringence, plus faible chez les cristaux protéiques que chez les cristaux pigmentaires ; 5° par le dichroïsme remarquable des cristaux de cette dernière catégorie.

Au point de vue des diverses formes que peuvent revêtir les matières colorantes, on peut admettre les règles générales suivantes :

La teinte rouge est ordinairement représentée par un suc coloré ; elle est cependant déterminée quelquefois par des leucites avec pigment granulé amorphe, rarement par du pigment cristallisé.

La teinte jaune orangé est rarement due à des substances amorphes ; elle est ordinairement déterminée par la présence de cristaux pigmentaires engagés dans des chromoleucites.

La teinte jaune est toujours due à un pigment amorphe.

La teinte brune, déterminée par une matière amorphe dans la plupart des cas, est parfois représentée par des cristaux colorés.

Les granules(1) colorés englobés dans le stroma de beaucoup de chromoleucites semblent être de consistance liquide ou demi-liquide. Un même chromoleucite peut renfermer, d'ailleurs, deux pigments distincts.

Sauf quelques rares exceptions, les corps chlorophylliens générateurs des chromoleucites forment de l'amidon qui, le plus souvent, se résorbe dans la fleur épanouie et dans le fruit

(1) Nous croyons pouvoir traduire par ce mot l'expression de *grana*, employée par M. Schimper ; elle a été empruntée par lui à M. A. Meyer, qui l'emploie pour désigner les granules chlorophylliens des chloroleucites.

mûr. L'apparition du pigment proprement dit est précédée d'un changement de teinte dans le chloroleucite, qui pâlit d'abord, puis montre la coloration jaune de la xanthophylle. Mais M. Schimper n'a pu saisir sûrement aucune connexion entre le pigment des chromoleucites et le pigment chlorophyllien. Le stroma diminue plus tard de volume; il est, en général, complètement résorbé dans la cellule morte. Les granules de pigment ainsi mis en liberté peuvent se fusionner en gouttelettes d'apparence oléagineuse, nouvelle preuve en faveur de leur consistance demi-fluide.

L'auteur décrit ensuite avec soin des exemples des divers états sous lesquels peuvent se présenter, soit le pigment, soit le corps coloré dans son ensemble, en les distribuant suivant les quatre types suivants :

I. *Chromoleucites composés d'un stroma protéique avec granules pigmentaires.* — Très évidente lorsque les granules sont volumineux et en petit nombre, la structure de ces leucites l'est d'autant moins que ces granules sont plus nombreux et plus fortement serrés les uns contre les autres. Il peut même arriver alors que les chromoleucites montrent une homogénéité apparente, même aux plus forts grossissements; mais l'analogie permet, dans ce cas, d'établir leur structure réelle, structure qui se trouve, d'ailleurs, suffisamment démontrée par le grand nombre de formes intermédiaires qui relient ces derniers corps à ceux dont la structure granulée est d'une évidence indiscutable. Le mode de répartition des granules dans le stroma varie également dans des limites assez larges : tantôt uniformément distribués dans la substance du chromoleucite, ils montrent souvent aussi une tendance à se masser vers la périphérie, le centre pouvant en être même absolument dépourvu. Ainsi se trouve expliquée d'une façon naturelle cette apparence d'un bourrelet marginal ou d'un bord vivement coloré que l'on constate fréquemment autour des chromoleucites.

II. *Chromoleucites avec cristaux de nature protéique, le pigment ne cristallisant pas.* — M. Schimper décrit des formations

de ce genre (chez les Chromolènes à deux lobes, certaines Composées, certaines Roraliacées).

III. Chromolénites avec cristallin de même position, mais cristallin de nature pépérotique. — (Les cas de ce genre signalés par M. Schimper, sont fort nombreux).

IV. Chromolénites avec cristallin de même position, mais cristallin de nature pyrolytique. — Autre localité mentionnée, mention les cas où le pigment cristallin dans les feuilles sont plus nombreux que ne l'indique l'auteur.

M. Schimper termine la partie de son mémoire adonnée aux Chromolénites par un exposé systématique des cas observés; il résume de ces considérations à quel point il existe un rapport étroit entre la forme, la couleur, la structure des chromolénites et les affinités naturelles des plantes qui les contiennent. En général, pourtant, les tentes identiques chez des plantes d'un même genre ou d'une même famille sont représentées par une même sorte de chromolénites ».

Telles sont les données que possédait la science lorsque nous avons entrepris nos recherches. Les manières diverses dont les uns ont pu interpréter les résultats antérieurs, et pendant encore dont ils ont été l'objet, nous ont montré combien il importait de reprendre et d'étendre les observations de nos devanciers. D'ailleurs, le nombre considérable d'objets sur lesquels nous avons dirigé nos études nous a conduit à modifier quelques vues théoriques antérieurement admises, tout en faisant connaître un certain nombre de faits nouveaux intéressants. Nous espérons que les résultats auxquels nous sommes arrivés mettront sur la voie de découvertes nouvelles, et détermineront ceux qui s'intéressent à ces questions à poursuivre ces recherches.

matophores de beaucoup d'Algues, les spores, sexuées ou non, de ces mêmes végétaux, sont susceptibles de prendre cette coloration rouge; mais on peut dire qu'on ne trouve de vrais chromoleucites dans aucune plante thallophyte, si toutefois on range les Characées parmi les Cryptogames vasculaires, comme nous croyons devoir le faire suivant l'avis de M. Bornet et de M. Flahault. Les chromoleucites sont rares encore chez les Cryptogames vasculaires; nous verrons bientôt, au contraire, avec quelle richesse de nuances et de formes ces corps sont répandus chez les Phanérogames, à côté des corps chlorophylliens et des leucites incolores.

La lumière n'étant pas directement nécessaire au développement des pigments dont nous avons à nous occuper ici, on conçoit que, théoriquement, les chromoleucites peuvent se rencontrer dans tous les tissus; cependant leur siège habituel et presque exclusif se trouve dans les organes de reproduction et dans le fruit. Il existe, d'ailleurs, à ces règles générales, des exceptions dans le détail desquelles nous ne saurions entrer sans sortir du cadre de notre travail. Il nous suffira de dire que la distribution des corps colorés dans les divers tissus est très probablement en relation avec certains besoins physiologiques de la plante, particulièrement en ce qui concerne la fécondation.

Nous étudierons successivement le développement des chromoleucites, les relations qui existent entre la couleur d'un pigment et la forme qu'il revêt dans les tissus, la structure et la forme des chromoleucites et des pigments figurés qui en dérivent, enfin, nous dirons quelques mots de leur composition chimique, nous réservant de revenir avec plus de détails sur l'étude des matières colorantes elles-mêmes dans la seconde partie de ce mémoire.

CHAPITRE PREMIER

DÉVELOPPEMENT DES CHROMOLEUCITES

Les leucites paraissent ne se former jamais librement au sein du protoplasma cellulaire par différenciation locale de ce dernier, mais résulter toujours de la division de leucites préexistants. Une fois produits, les leucites se multiplient généralement par voie de segmentation, processus très analogue à celui que l'on désigne, lorsqu'il s'agit du noyau cellulaire, sous le nom de *division directe*; le corps protéique s'allonge d'abord, un étranglement se produit dans sa région moyenne, et la scission devient bientôt complète. Il faut se garder de confondre cette division du leucite en pleine activité avec les phénomènes de fragmentation et d'émiettement que nous aurons à constater chez certains chromoleucites vers la fin de leur existence. Cette division peut, d'ailleurs, s'accomplir à tous les âges de la vie de ces formations; très active, en général, dans les jeunes tissus, parmi les leucites non encore différenciés, elle peut se continuer jusqu'à un âge où ces derniers ont acquis déjà leur couleur définitive et un volume relativement considérable. Nous aurons l'occasion de constater plus tard cette tendance à la scissiparité chez des chromoleucites dans lesquels le pigment s'est déjà montré sous la forme d'enclaves cristallines.

Aussi loin qu'ont pu s'étendre nos observations, nous n'avons jamais vu les chromoleucites naître par formation libre dans le protoplasma, avec leur coloration caractéristique; ils dérivent constamment de leucites préexistants, colorés ou incolores, par voie de division et de métamorphose. Il en serait de même des leucoleucites et des chloroleucites primitifs qui leur ont donné naissance, s'il faut en croire les observations récentes de M. Schimper. Les modifications peuvent porter isolément ou simultanément sur le volume, la forme et la couleur; les changements de couleur constituent le genre de

métamorphose le plus important, car ils sont l'indice d'une modification profonde dans les fonctions physiologiques, et accompagnent le plus souvent les changements de forme et de volume. Nous donnerons ici quelques exemples des principales variations que l'on peut constater dans la genèse de ces corps.

Chez l'*Anagryis foetida*, les cellules de l'étendard, dans le bouton fort jeune encore, ne renferment, aussi bien dans l'épiderme que dans le parenchyme, que des chloroleucites arrondis et d'un faible volume (pl. XIII, fig. 4), dont un grand nombre sont en voie de division; quelques-uns d'entre eux sont à peine allongés; d'autres s'étranglent dans leur région moyenne, premier indice d'une segmentation qui, ailleurs, est complètement achevée, bien que les deux chromatophores-filles soient encore en contact. Avant l'épanouissement de la corolle, ces formations ont pris déjà une couleur jaune un peu verdâtre, qui se modifiera peu désormais, et elles cessent de se diviser. A ce moment la forme des chromoleucites est arrondie, sans bourrelet marginal; ils sont, dans les cellules épidermiques, principalement groupés autour du noyau. Enfin, dans la fleur épanouie (pl. XIII, fig. 2, A et B), ils se montrent surtout massés contre la paroi interne de ces mêmes cellules, situation que nous verrons être à peu près générale pour les chromoleucites des épidermes.

Chez le *Genista tinctoria*, le processus est à peu près le même, ainsi que le montrent les figures 3 à 7 de la planche XIII. D'abord incolores et peu nombreux (fig. 3), les leucites se colorent plus tard en vert pâle, grossissent en se multipliant et se massent autour du noyau (fig. 4); puis, lorsque la fleur s'épanouit, ils se répandent dans le protoplasma des cellules du parenchyme et dans les lames protoplasmiques qui traversent la cavité cellulaire. Leur coloration est alors d'un jaune pur. Dans les cellules épidermiques, leur situation définitive est la même que chez l'*Anagryis*.

Le processus est le même dans un très grand nombre de cas où les chromoleucites dérivent de chloroleucites sans forma-

tion d'amidon, par exemple dans le limbe des pétales chez les Crucifères à fleurs jaunes et chez les Berbéridées (pl. I, fig. 8 et 9).

Les fleurs du *Cacalia coccinea*, dont les leucites adultes ont une structure des plus remarquables, nous offrent un excellent exemple de corps colorés avec pigment cristallisé, et dérivant de chloroleucites (pl. XIII, fig. 10 à 14). Les fleurons d'un demi-millimètre environ, et presque incolores, montrent, dans les cellules papilliformes des bords de la corolle (fig. 10 et 11), un gros noyau; ce dernier est fréquemment entouré d'une aréole claire dans les cellules épidermiques voisines (fig. 12). Autour de ce noyau et dans le protoplasma qui l'environne sont des leucites d'un volume relatif également considérable, montrant un espace central un peu plus sombre; leur forme est arrondie, parfois polyédrique par pression réciproque. Quelque soin que nous ayons pris pour observer des cellules très jeunes, nous n'avons pu saisir aucun phénomène de division parmi les leucites dont le nombre s'est toujours montré sensiblement le même que dans les cellules adultes. Dans les cellules épidermiques de fleurs extrêmement petites, nous n'avons observé autour du noyau qu'une aréole claire exempte de leucites, tandis que certaines régions du protoplasma cellulaire se montraient divisées en champs polyédriques dont le milieu était occupé par un corps plus réfringent. D'abord incolores, les leucites se colorent plus tard en vert pâle; ils deviennent ensuite successivement jaunes, jaune orangé, puis rouge orangé, et tandis que leur teinte se modifie, la plupart d'entre eux deviennent ellipsoïdaux. Les deux extrémités de l'ellipse s'étirent en pointe; ainsi se forment les fuseaux colorés que nous décrirons plus tard. D'autres chromoleucites prennent peu à peu la forme de tables triangulaires ou quadrangulaires; mais, dans tous les cas, leur teinte est d'abord uniforme, et les plus forts grossissements n'y laissent alors reconnaître aucune trace des cristaux aiguillés qui s'y observent plus tard avec la plus grande facilité. Il est donc probable que le pigment est d'abord dissous dans le stroma,

ou tout au moins divisé en particules extrêmement fines, et que la formation des aiguilles commence au moment où les chromoleucites perdent leur forme arrondie. Le travail moléculaire qui leur donne naissance nous paraît extrêmement analogue, sinon identique au phénomène que nous avons pu provoquer artificiellement dans des solutions concentrées de ces mêmes pigments (voy. plus loin, p. 97).

Quelquefois, au cours de son évolution, le leucite forme un cristal de protéine qui, tantôt persiste pendant toute la durée du leucite, tantôt n'a qu'une existence transitoire. M. Schimper décrit, comme exemples de ce genre, les leucites du *Maxillaria triangularis*, du *Chrysanthemum phæniceum* et du *Ranunculus Steveni* (1).

Dans la fleur du *Maxillaria* et dans les fleurons du *Chrysanthemum phæniceum*, une partie seulement du stroma des leucites cristallise, tandis que le reste de la substance protéique, demeurée amorphe, enveloppe le cristal et forme du pigment. Dans la fleur du *Ranunculus Steveni*, surtout dans les cellules de l'épiderme externe des pétales, on observe des chromoleucites dont le développement est analogue ; mais le cristal protéique est bientôt redissous, de telle sorte que les corps colorés de la fleur épanouie n'en laissent plus reconnaître aucune trace.

Nous avons étudié les chromoleucites de plusieurs espèces de *Ranunculus*, entre lesquelles nous avons constaté des divergences assez considérables. Chez le *R. acris*, par exemple, et chez le *R. Lingua*, les jeunes leucites de l'épiderme externe sont simplement oblongs, tandis que chez le *R. anemonefolius* les jeunes cellules de la même région contiennent déjà de nombreux leucites bacillaires dont la direction générale est convergente vers le centre de la cellule (pl. XIII, fig. 15). Dans la fleur sur le point de s'épanouir, les leucites ont augmenté de volume sans modifier leur forme ; leur coloration, d'un jaune uniforme, est due à la présence du stroma pigmentifère amorphe qui

(1) *Untersuchung über die Chlorophyllkörper*, etc., p. 113, pl. III, fig. 8-9. — *Ibid.*, p. 114, pl. III, fig. 18-19. — *Ibid.*, p. 115, pl. III, fig. 44.

enveloppe le cristal de toutes parts. Ce dernier ne se résorbe pas, ainsi qu'il arrive chez le *R. Steveni*; il se gonfle simplement au moment de l'anthèse, et apparaît alors plus ou moins déformé, mais avec un contour très net dans la partie centrale du corps coloré (pl. XIII, fig. 46). A partir de cet instant, les chromoleucites, extrêmement altérables, se détruisent et se fondent en un liquide jaune et écumeux. Nous nous proposons de reprendre ultérieurement et de compléter l'étude de ces formations singulières dont nous n'avons pu saisir les premiers débuts.

Nous parlerons plus loin des chromoleucites qui, tels que ceux que signale M. Schimper dans la fleur du *Neottia Nidus-Aris* et dans le fruit du *Lonicera Xylosteum*, forment en même temps des cristaux protéiques et des cristaux pigmentaires. Nous décrirons également plus loin le mode de production des leucites en fuseaux ou en tables, phénomène qui ne saurait être bien compris qu'après les développements exposés dans les chapitres qui vont suivre.

Fréquemment les chromoleucites naissent aux dépens de leucites incolores; ce cas ne nous paraît pas devoir être essentiellement distingué de celui où ils dérivent de chloroleucites, la quantité de chlorophylle contenue dans les leucites primitifs pouvant varier dans de très larges limites. La fleur de l'*Helianthemum vulgare* nous offre un exemple de ce mode d'origine dans la corolle (pl. XIII, fig. 47-48); telle est également l'origine des leucites fusiformes des bractées du *Strelitzia Reginae*, des chromoleucites de certains fruits de *Cucurbitacées*, etc., etc.

Dans la plupart des cas, les leucites générateurs forment de l'amidon, fonction que nous savons être également l'apanage des chloroleucites et des leucoleucites. L'absence d'amidon dans les leucites primitifs est un fait très rare; mais, presque toujours aussi, la présence de ce corps y est purement transitoire; il se résorbe à mesure que le chromoleucite acquiert sa couleur et sa forme définitives, sans doute pour subvenir à l'accroissement des tissus, ou bien encore, dans les fruits,

pour former diverses substances organiques en lesquelles l'amidon se métamorphose chimiquement. Lorsque la fécule persiste après l'épanouissement de la fleur, son rôle est beaucoup moins important, et, dans tous les cas, fort différent, puisqu'elle ne doit plus subir aucune modification et qu'elle est destinée à disparaître avec l'organe qui la contient. Dans la corolle des Renoncules et de la Ficaire, par exemple, l'amidon fonctionne à la manière d'un réflecteur, et contribue pour une large part à donner aux pétales leur aspect brillant, presque métallique (1). Son rôle enfin paraît être ailleurs entièrement nul, ou, dans tous les cas, complètement inconnu, dans les fruits de *Sorbus*, par exemple, et dans certaines fleurs que nous avons eu l'occasion d'étudier.

Chez l'*Androsæmum officinale*, par exemple, les chromoleucites dérivent de chloroleucites arrondis, fort pâles, qui, de bonne heure, donnent chacun naissance à un, deux ou trois grains de fécule (pl. XIII, fig. 19, 20 et 21). Ces derniers persistent et augmentent de volume pendant la croissance du leucite qui devient d'un jaune doré. L'épiderme et le parenchyme de la corolle d'une fleur prête à s'épanouir doivent leur couleur à des chromoleucites arrondis ou polyédriques, parfois trilobés lorsqu'il s'y trouve trois grains d'amidon. Après l'anthèse la fécule a disparu dans les cellules épidermiques qui ne contiennent plus que des granulations jaunâtres. Dans les cellules du parenchyme on trouve encore, parmi ces mêmes débris colorés, de volumineux grains de fécule devenus libres après la destruction des leucites formateurs. Dans ce dernier cas, ces grains acquièrent peu à peu un diamètre relativement énorme; bientôt le stroma coloré ne constitue plus autour d'eux qu'une mince couche périphérique qui éclate à son tour, et l'amidon se répand dans le suc cellulaire, ou demeure englobé dans le protoplasma. Tel est encore le cas des chromoleucites jaunes de la corolle chez l'*Hibbertia volubilis*

(1) Mœbius, *Ueber den Glanz der gelben Ranunculus* (Botanische Centralblatt, année 1885, p. 298).

(pl. XIII, fig. 22). Beaucoup de Liliacées à péricorolle de couleur orangée sont le siège de phénomènes semblables. Nous signalerons encore, parmi les leucites colorés où l'amidon persiste après la destruction du stroma, ceux de la partie jaune des pétales chez le *Liriodendron tulipiferum* (pl. XIII, fig. 23).

Dans le cas où les chromoleucites se forment aux dépens de corps chlorophylliens, on voit ceux-ci pâlir peu à peu, puis jaunir. D'après M. Schimper, ce changement de coloration proviendrait d'une substitution de la xanthophylle à la chlorophylle du chloroleucite.

Quand le chromoleucite doit devenir définitivement rouge orangé ou rouge carmin, le pigment apparaît, en général, d'une manière simultanée dans toutes les parties du chromatophore qui passe successivement par toutes les nuances intermédiaires.

Cependant, les cas où la matière colorante apparaît directement au sein de chromatophores encore parfaitement verts sont loin d'être aussi rares qu'on pourrait le supposer. M. Schimper signale, dans la portion inférieure des pédoncules de l'*Aloe verrucosa*, des chromatophores verts avec des granulations ou des gouttelettes d'un rouge carmin (1); ces chromatophores, ajoute l'auteur, constituent une sorte de forme intermédiaire entre les corps chlorophylliens et les chromoleucites. Le même auteur décrit et figure également des chloroleucites avec des gouttelettes d'un pigment rouge dans les racines aériennes de l'*Hartwegia comosa* (2). Mais ces divers corps sont considérés par lui comme des formations permanentes, et non point comme des états transitoires de chloroleucites en voie de métamorphose. Dans les leucites de certaines fleurs, le pigment se montre pourtant d'une façon directe, et la teinte verte de la chlorophylle reste perceptible jusqu'au moment où les granules colorés ont envahi presque tout le leucite. Tel est le cas des formations que nous avons

(1) *Loc. cit.*, p. 108.

(2) *Ibid.*, p. 163, et pl. III, fig. 20.

rencontrées dans la région moyenne des pièces du périanthe de l'*Asphodelus cerasifer*, et chez un certain nombre d'espèces voisines (pl. XIII, fig. 24, *a*).

Ce mode d'apparition du pigment est bien plus net encore dans la fleur de l'*Heliconia aurantiaca* (pl. XIII, fig. 25; pl. XIV, fig. 1 et 2). Dans cette dernière plante, le périanthe est coloré par des chromoleucites d'une teinte orangée très vive. Leur forme est arrondie (pl. XIV, fig. 2, *a*) ou oblongue et l'on reconnaît aisément, malgré leur coloration intense, qu'ils sont constitués par des granulations rouges d'autant plus serrées et d'autant moins distinctes que le leucite est plus âgé. Jeunes encore, les pièces du périanthe ne montrent que des corps chlorophylliens d'un vert un peu jaunâtre, arrondis ou plus fréquemment allongés en corps cylindroïdes (pl. XIII, fig. 25). C'est aux deux extrémités de ces bâtonnets que se montrent les premiers granules pigmentaires (pl. XIV, fig. 1, *a*); quand le leucite est de forme arrondie, ces derniers apparaissent d'abord dans la zone périphérique (1, *b*), rarement en un point quelconque du stroma (1, *c*). Le pigment envahit ainsi peu à peu tout le chromoleucite qui devient en même temps circulaire, s'il ne l'était déjà.

En résumé, les chromoleucites proviennent, soit de leucoleucites, soit de chloroleucites par division et par métamorphose.

Les leucites générateurs forment de l'amidon, dans les fruits plus fréquemment que dans les fleurs. Cet amidon se résorbe le plus souvent pendant l'apparition du pigment, fait que confirmeront encore des exemples rapportés plus loin.

Au cours de son développement, le leucite s'allonge parfois en bâtonnet par suite de la formation d'un cristal protéique au milieu du stroma. Ce cristal peut persister ou disparaître avant que le chromoleucite ait atteint son état définitif.

D'abord arrondi ou oblong, le leucite peut également modifier sa forme, grâce à la cristallisation de la matière colorante, cristallisation qui s'effectue, au sein du stroma protéique, comme dans une solution concentrée.

Le pigment apparaît ordinairement dans les chromoleucites dérivant de corps chlorophylliens, alors que la chlorophylle a disparu déjà ; il peut arriver cependant que la matière colorante se montre directement dans un leucite vert encore, dont la chlorophylle cède la place au nouveau pigment.

Nous aurons l'occasion de revenir d'une manière spéciale sur les matières colorantes des chromoleucites. Qu'il nous suffise de dire, pour le moment, que nous ne saurions admettre, tout au moins comme règle générale, que ces pigments dérivent de la chlorophylle par une simple transformation chimique, puisque des substances identiques peuvent prendre naissance dans des leucites où la chlorophylle fait absolument défaut.

CHAPITRE II

RELATION ENTRE LA COULEUR D'UN PIGMENT ET LA FORME QU'IL REVÊT DANS L'ORGANE COLORÉ

Existe-t-il une relation réelle entre la couleur d'un pigment et la forme qu'il revêt dans l'organe où il se trouve ? Malgré l'imperfection de nos connaissances à cet égard, nous croyons pouvoir admettre cette relation d'une manière générale. Ainsi les pigments jaunes se trouvent généralement engagés dans des leucites arrondis ou discoïdaux, très rarement dans des corps allongés en bâtonnets, jamais enfin dans des leucites en forme de tables à trois ou plusieurs pointes, tandis que ces deux dernières formes sont ordinairement l'apanage des chromoleucites à teinte orangée ou jaune orangé. Ce n'est là pourtant qu'une tendance générale qu'il faut bien se garder d'ériger en loi absolue, car la forme que revêt un pigment dépend, non point de sa coloration, mais bien de sa propre nature, et de l'état, cristallisé ou non, dans lequel il se trouve ; il ne faut pas oublier non plus que la présence de cristaux protéiques dans le stroma peut également en modifier la forme. Or il ressortira manifestement, nous l'espérons, des observations que nous allons bientôt faire connaître, que les pigments

dont la teinte ne laisse percevoir à l'œil aucune différence, possèdent parfois des propriétés chimiques absolument distinctes, et qu'on doit, par conséquent, se garder de les confondre. Ainsi s'expliquent d'une manière toute naturelle certains faits qui paraissent en contradiction flagrante avec la tendance générale que nous venons de signaler. Nous verrons, par exemple, que des fleurs jaunes, des fleurs rouges ou orangées de même nuance, doivent leur coloration, les unes à un suc, les autres à des chromoleucites. L'observation microchimique révèle presque toujours alors la diversité de nature de ces pigments.

Voici, d'ailleurs, les principes généraux qui découlent d'un grand nombre d'observations, et les considérations auxquelles ils donnent lieu.

1^o Les *teintes bleues, violettes, rouge vineux*, sont toujours représentées par des sucs colorés, d'après M. Schimper. Cependant un certain nombre d'exceptions à cette règle avaient été signalées par divers observateurs. M. Fritsch (1) décrit, par exemple, des globules violets dans la fleur du *Thunbergia alata*, des corpuscules semblables de couleur bleue dans la fleur du *Delphinium tricolor*, dans le fruit du *Viburnum Tinus*, etc. Avant lui déjà, F. Hildebrandt (1) avait décrit des granulations violettes dans la fleur du *Viola odorata*, du *Gilia tricolor*, de certains *Papaver*. M. Weiss attire également l'attention sur les sphérules bleues de certaines fleurs, en particulier sur celles des *Passiflora acerifolia* et *P. alata*. Or, dans tous les cas où l'on a cru voir des chromoleucites bleus ou violets, dit M. Schimper (2), une étude plus approfondie a démontré que l'on avait affaire à des liquides colorés remplissant les vacuoles du protoplasma cellulaire. La même observation s'applique à un certain nombre des cas où, comme chez le *Salvia splendens*, on avait cru voir des glo-

(1) *Ueber farbige körnige Stoffe des Zellinhalts* (Pringsheim's Jahrbücher, vol. XIV, année 1883, p. 185).

(2) *Anatomische Untersuchungen über die Farben der Blüten* (Pringsheim's Jahrbücher, vol. III, année 1863, p. 59-62).

bules rouges. Nos observations, jusqu'à aujourd'hui, n'ont fait que confirmer celles de M. Schimper; les résultats obtenus nous paraissent trop nombreux et trop constants pour qu'on ne puisse pas considérer l'état liquide de ces pigments comme un fait général.

Cependant des cristaux en aiguilles d'un pigment bleu avaient été signalés dans la fleur du *Delphinium Ajacis*; nous avons rencontré des formations semblables dans les pétales des *Anagallis* et dans les pièces périnthiques de l'*Allium Schenoprasum*. Chez l'*Anagallis arvensis* les pétales, d'un rouge orangé sur toute l'étendue du limbe, prennent vers l'onglet une coloration violette. Ces deux teintes, qui passent l'une à l'autre par des nuances intermédiaires, sont dues à des sucs colorés qui occupent les cellules épidermiques. Les poils marginaux du limbe offrent une teinte rouge groseille. Le liquide orangé du limbe est tout différent, d'ailleurs, du pigment de même teinte que l'on trouve engagé ailleurs dans un grand nombre de chromoleucites; il diffère également des sucs rouges qui colorent ordinairement les fleurs et qui se distinguent par la teinte violette ou bleue que leur communiquent les alcalis, tandis que les acides les colorent en rouge vif. Le pigment rouge orangé de l'*Anagallis arvensis* se détruit peu à peu sous l'influence des acides minéraux en prenant une teinte jaune; les alcalis lui communiquent également une teinte jaunâtre. Toutefois le liquide rouge carmin des poils et le suc violet de la base du limbe se comportent, à l'égard des réactifs, comme le pigment rouge ordinaire des fleurs. Dans la zone intermédiaire entre l'onglet et le limbe, le mélange des deux pigments se révèle par la coloration verte que prend cette région sous l'influence des alcalis. Ainsi le limbe, les poils marginaux et l'onglet doivent leurs couleurs à trois pigments en solution, de nature différente. La particularité la plus intéressante de cette fleur consiste dans la présence d'une étoile bleue, formée par la réunion d'une multitude de cristaux en aiguilles au milieu de chaque cellule épidermique. Ces cristaux sont très instables; sous l'influence d'une pression

légère, ou bien au contact des liquides employés, ils se résolvent aisément en fines gouttelettes dont la disposition en files rayonnantes indique la direction primitive des cristaux. Ce pigment cristallisé ne nous paraît pas différer, d'ailleurs, de la matière colorante en solution dans un grand nombre de fleurs ; comme cette dernière, les acides le changent en un liquide rouge. La fleur de l'*Anagallis cærulea* offre, vers l'onglet, une disposition analogue ; mais ici les cellules épidermiques du limbe contiennent un suc bleu dont les réactions chimiques sont identiques. Les amas de granulations bleues et les étoiles cristallines de même teinte que nous avons observés chez l'*Allium Schænoprasum*, sont des formations analogues. Dans ces divers cas, ces corps figurés n'ont rien à faire avec des leucites ; ils sont constitués par du pigment pur, et se forment librement au milieu du suc cellulaire coloré.

2° Les couleurs *rouge vif* et *rouge carmin* sont également dues, le plus souvent, à la présence de sucs de même teinte dont la propriété caractéristique est celle qu'ils possèdent de bleuir par les alcalis (*cyanine* des auteurs) ; mais fréquemment aussi ces teintes sont dues à la présence de granulations amorphes ou de cristaux aiguillés, englobés dans un stroma protéique ; plus rarement ces pigments se présentent sous l'aspect de cristaux plus ou moins volumineux, seuls ou accompagnés d'une faible proportion de substance protéique. Nous aurons bientôt l'occasion de revenir sur les formes singulières que revêtent parfois les pigments de ce genre et sur le développement de ces productions. Nous nous contenterons de signaler ici, parmi les cas où le pigment rouge se présente en granulations amorphes engagées dans des leucites, le péricorolle des *Aloe*, les fleurs des Loasées, du *Tritonia Uvaria*, les pousses fertiles de certaines Prêles, les fruits de *Bryonia*, d'*Aram*, de *Lonicera tatarica*, l'arille du *Taxus baccata* (1), etc., ainsi qu'il résulte d'observations antérieures

(1) Le pigment rouge des fruits de *Taxus* et celui des fleurs d'*Aloe* se distinguent par certaines propriétés physico-chimiques du pigment ordinaire des leucites et des cristaux rouges.

que nous n'avons eu qu'à confirmer. On trouve dans le fruit de la Tomate et dans la racine de Carotte un pigment de même teinte, mais se présentant sous forme d'aiguilles cristallines, de plaques rhomboïdales ou même de rubans plus ou moins contournés, formations que l'on rencontre normalement isolées, ou bien encore accompagnées d'un ou de deux grains de fécule et d'une faible quantité de matière protéique. Nos observations nous ont permis de joindre à ces deux exemples déjà connus un assez grand nombre de cas nouveaux où le pigment se présente sous des formes analogues (arille des *Passiflora*, téguments séminaux du *Magnolia grandiflora*, péricarpe de l'*Erythroxylon Coca*, couronne du *Narcissus poeticus*, etc.). Par l'emploi de la lumière polarisée, M. Schimper a observé, dans les leucites de la baie de Douce-amère, de petits cristaux de pigment qui demeurent invisibles dans la lumière ordinaire. Ces matières colorantes, distinctes du pigment rouge ordinaire des fleurs, possèdent toutes, comme propriété caractéristique, la faculté de *bleuir fortement sous l'influence de l'acide sulfurique*. M. Filhol (1) avait reconnu déjà dans les fleurs des *Aloe* la présence d'une matière colorante rouge spéciale qui, dit-il, ne change de nuance ni par son mélange avec les acides ni avec les alcalis. Cette dernière assertion est inexacte : l'étude microchimique des chromoleucites des *Aloe* montre que ce pigment réagit sous l'influence de certains corps chimiques, bien que d'une manière spéciale.

3° Les teintes *jaune orangé* et *rouge orangé* sont, dans la plupart des cas, déterminées par la présence de leucites dans lesquels le pigment existe, soit sous la forme de granulations, soit à l'état d'aiguilles cristallines. Rarement ces teintes sont dues à des matières colorantes dissoutes. Parmi ces cas exceptionnels, nous avons plus particulièrement remarqué ceux que présentent le suc orangé des pétales de l'*Anagallis arvensis*, le

(1) *Recherches sur les matières colorantes les plus répandues dans les fleurs.*

suc jaune doré ou rouge orangé (suivant les variétés) des fruits de *Rivina*, le suc rouge orangé vif de l'ovaire des *Salpiglossis*. La fleur du *Mesembrianthemum aureum*, d'un jaune orangé des plus brillants, doit également sa coloration à des suc d'une teinte très vive. Quelle est la nature de ces suc et en quoi se distinguent-ils du pigment orangé des chromoleucites ? C'est ce que nous nous proposons de soumettre à une étude ultérieure attentive. Nous devons simplement constater, pour le moment, que ces pigments dissous n'ont rien de commun, par leurs propriétés physico-chimiques, avec les pigments rouge orangé ou jaune orangé des chromoleucites. Par contre, ceux-ci se rapprochent, à cet égard, du pigment rouge cristallisé dont ils ne sont peut-être qu'une modification ; comme lui ils bleuissent ou verdissent par l'acide sulfurique.

4° La teinte jaune est due, soit à un pigment dissous, soit à des chromoleucites contenant une matière colorante évidemment distincte de ce dernier. Comme l'ont reconnu depuis longtemps MM. Fremy et Cloëz et M. Filhol, il existe donc dans les fleurs au moins deux matières colorantes jaunes différentes, aussi bien par leur état physique que par leurs réactions. Le pigment jaune des leucites verdit par l'acide sulfurique, le pigment jaune dissous, brunit ou rougit par l'action de ce réactif. Les fleurs du *Cheiranthus Cheiri*, des Potentilles, des Renoncules, des *Helianthemum*, etc., etc., doivent leur coloration à des leucites jaunes. Les fleurs des *Verbascum*, *Linaria*, *Antirrhinum*, *Dahlia*, *Mesembrianthemum*, *Opuntia*, etc., doivent leur teinte à un suc jaune. Il nous paraît fort douteux que le pigment jaune en solution soit toujours identique à lui-même, ses caractères variant d'une fleur à l'autre dans d'assez larges limites. Les fleurs du *Linaria lutea*, par exemple, contiennent une matière colorante jaune en solution qui brunit par l'acide sulfurique, et que l'on peut obtenir en fines aiguilles groupées en amas sphéroïdaux. La partie renflée des filets staminaux des *Dianella* contient un suc jauneserine auquel la potasse et l'acide sulfurique communiquent une coloration d'un beau rouge écarlate ; le pigment jaune

soluble que nous avons rencontré dans la fleur du *Lotus corniculatus* n'est pas susceptible de cristalliser, et l'acide sulfurique lui communique une teinte orangée, etc.

Résumons en peu de mots les faits qui viennent d'être exposés :

Il existe une relation générale entre la couleur d'un pigment et la forme qu'il revêt ; mais cette forme est, en réalité, sous la dépendance directe de la nature de ce pigment, de l'état cristallin ou amorphe dans lequel il se trouve, enfin de la présence ou de l'absence de cristaux protéiques dans le chromoleucite. On peut établir les principes généraux suivants, qui souffrent d'assez nombreuses exceptions à cause de l'identité de nuances offertes par des matières colorantes chimiquement distinctes.

1° Les pigments *violet*s, *roses* ou *bleus* sont toujours en solution dans le suc cellulaire. Le pigment bleu se présente parfois à l'état de cristaux, mais ces derniers sont sans relation avec les leucites.

2° La teinte *rouge* est déterminée le plus souvent par un suc, assez fréquemment aussi par des chromoleucites, ou par des cristaux formés dans des chromoleucites. Le pigment rouge en solution et les pigments rouges figurés sont de nature respectivement différente.

3° Les teintes *jaune orangé* et *rouge orangé* sont dues, le plus souvent, à des chromoleucites ou à des cristaux qui en dérivent, plus rarement à des sucs colorés. Les pigments orangés en solution et ceux qui se présentent sous un aspect figuré doivent être chimiquement distingués.

4° La teinte *jaune* est produite, tantôt par des chromoleucites, tantôt par des pigments dissous ; ces deux sortes de matières colorantes sont chimiquement distinctes.

5° Les pigments figurés jaunes, orangés ou rouges possèdent tous la propriété de verdier ou de bleuir par l'acide sulfurique concentré, propriété qui les distingue nettement des autres matières colorantes de nuance semblable ou différente. La

matière colorante rouge des fleurs d'*Aloe* fait exception à cette règle générale.

Nous ne parlerons pas ici des colorations variables qui, dans la nature, sont déterminées par le mélange ou la superposition de pigments divers, ces considérations devant nous entraîner hors du cadre de notre travail.

CHAPITRE III

STRUCTURE ET FORME DES CHROMOLEUCITES

Bien que l'histoire des leucites conserve encore pour nous plus d'un mystère, les progrès effectués dans cette voie pendant ces dernières années, et les magnifiques résultats obtenus déjà en ce qui concerne le noyau cellulaire, nous donnent lieu d'espérer qu'avant peu les questions relatives à la structure, à la composition et au développement de ces corps auront été entièrement élucidées. Les données beaucoup plus complètes que la science possède sur les chloroleucites seront pour nous un guide des plus utiles, car nous savons actuellement quels liens étroits unissent ces dernières formations aux chromoleucites.

Examinés à des grossissements moyens et à la lumière ordinaire, les chromoleucites montrent des formes variées qui, depuis longtemps, avaient attiré les regards des observateurs; mais leur masse paraît homogène, comme s'ils étaient formés d'une seule substance ou du moins de plusieurs substances unies entre elles d'une manière intime. C'est ainsi qu'ils ont été décrits jusqu'à ce que l'emploi de puissants objectifs à immersion et de la lumière polarisée ait conduit à un résultat diamétralement opposé. Nous pouvons presque affirmer aujourd'hui que le pigment et le substratum protéique ne sont jamais intimement unis, à la manière, par exemple, de deux corps dont l'un tiendrait l'autre en solution. Dans beaucoup de cas ce principe ressort d'observations directes, dans les autres l'ana-

logie y conduit d'une façon si logique qu'il ne nous paraît guère plus permis de douter de son absolue généralité. Nous ne séparerons pas l'étude de la forme des chromoleucites de celle de leur structure, ces deux propriétés étant, comme nous allons le voir, dans une dépendance mutuelle.

Le chromoleucite est donc toujours composé au moins de deux substances différentes : 1^o d'un *substratum* ou *stroma* de nature protéique, 2^o d'un pigment englobé dans le stroma sous forme de granules ou de cristaux. Quand nous disons « au moins de deux substances », nous voulons indiquer que les granules pigmentaires pourraient bien être eux-mêmes d'une nature complexe, renfermer deux ou plusieurs matières colorantes distinctes, ou bien encore être composés d'un pigment uni à une certaine quantité de substance protéique. Il ne nous a pas été possible encore d'élucider ce point. C'est avec bien plus de certitude que nous pouvons considérer les enclaves cristallines comme étant formées d'une seule et unique substance, l'état cristallin, ou même un état imparfaitement cristallin étant pour les corps, soit organiques, soit minéraux, une garantie de pureté. Nous verrons plus loin que, indépendamment des granules colorés et des enclaves cristallines, le stroma peut encore renfermer du pigment dissous, ou tout au moins en corpuscules trop ténus pour pouvoir être distingués de la substance ambiante.

L'analogie que nous avons constatée entre les chromoleucites et les chloroleucites, quant à leur composition et à leur origine, se poursuit donc jusque dans leur structure intime, à cette différence près que le pigment chlorophyllien n'apparaît jamais sous forme cristalline. La structure des chromoleucites est, d'ailleurs, d'autant plus évidente que les enclaves sont plus volumineuses, plus colorées et moins nombreuses. Quand le nombre de ces dernières est considérable, leur volume petit et leur coloration peu intense, le leucite montre une apparente homogénéité. Souvent alors l'emploi de grossissements considérables permet d'en reconnaître la structure réelle. Il existe, dans tous les cas, entre celles d'entre

ces formations dont la structure paraît homogène et celles dont le pigment se distingue nettement du stroma, tous les intermédiaires possibles, parfois dans un seul et même organe.

Lorsque les enclaves colorées sont en granules, M. Meyer, et après lui M. Schimper, les désignent sous le nom de *grana*. Nous ne voyons aucun inconvénient dans l'emploi de ce mot de *grains* dans le sens que lui assigne M. Schimper, c'est-à-dire à cette condition que nous n'entendons nullement indiquer par là que ces enclaves sont à l'état solide. Bien au contraire, la faculté avec laquelle ces dernières se fusionnent lorsque le leucite se détruit, ou bien avec laquelle elles se résolvent en un liquide d'aspect oléagineux, montrent qu'elles existent sinon à l'état fluide, au moins à l'état demi-fluide ou pâteux. Nous avons pourtant observé des cas où cette consistance semble augmenter à mesure que le leucite vieillit, si bien que, au moment où ce dernier se détruit, le pigment se résout en granules d'une petitesse parfois extrême, et qui demeurent distincts, quoique serrés les uns contre les autres. Indépendamment des granules et des cristaux protéiques, le stroma renferme très probablement encore, dans un très grand nombre de cas, des corpuscules protéiques dont la présence ne se révèle que lorsqu'ils se gonflent sous certaines influences. Ce phénomène amène parfois dans le leucite des changements de forme remarquables; nous aurons l'occasion d'en signaler quelques exemples.

Nous ne dirons rien de la composition chimique des chromoleucites, fort peu connue du reste; celle de leur substratum protéique est la même que dans leurs congénères, ou du moins nos moyens d'investigation ont été, jusqu'à aujourd'hui, impuissants à nous révéler à cet égard la moindre différence. Nous croyons inutile d'insister sur les caractères physico-chimiques du stroma, dont l'exposé se trouve dans tous les manuels, et dont la connaissance est devenue classique (1). Nous nous contenterons de rappeler celles de ces propriétés

(1) Zacharias, *Botanische Zeitung*, année 1883, p. 109.

qui nous ont rendu le plus de services dans nos recherches. L'alcool absolu fixe les corps protéiques sans les contracter; mais il dissout les matières colorantes, et son emploi ne saurait être applicable aux chromoleucites. Convenablement étendue, la glycérine conserve les chromoleucites avec leurs couleurs pendant un temps, assez court il est vrai, mais pourtant suffisant, pour en permettre l'étude; elle offre sur le vert de méthyle, l'acide picrique et l'eau iodée l'avantage de ne pas altérer le pigment; mais elle ne colore pas le stroma. Ce dernier se colore en vert par le vert de méthyle, en jaune par l'eau iodée. L'eau iodée et la solution d'iode dans l'iodure de potassium nous ont été particulièrement utiles dans la recherche du stroma dans les chromoleucites, après dissolution préalable du pigment dans un véhicule approprié; elles offrent en outre l'avantage de verdir fortement les matières colorantes et d'en mettre ainsi en évidence de faibles quantités dans les chromoleucites en voie de formation ou peu riches en pigment. Nous reviendrons, d'ailleurs, dans la seconde partie, sur les caractères des matières colorantes des chromoleucites.

Nous exposerons maintenant avec plus de détails les divers types de leucites que nous avons pu observer, et les formes diverses que nous ont présentées les pigments. Nous ne ferons que signaler les faits connus déjà et rapportés ailleurs, et nous décrirons plus au long celles de nos observations personnelles qui nous ont paru particulièrement instructives.

Au point de vue qui nous préoccupe, nous admettrons la division des corps colorés (chromoleucites et cristaux pigmentaires) telle que l'établit M. Schimper dans son dernier mémoire, en y apportant quelques modifications légères. Nous ferons remarquer cependant que nous n'entendons nullement en donner ici une classification réelle, mais seulement un ordre commode à suivre dans une description, et qui nous paraît le plus conforme à la nature des faits observés. Nous étudierons donc successivement les types suivants :

1^o Chromoleucites sans cristaux protéiques, avec pigment amorphe;

2° Chromoleucites sans cristaux protéiques, avec pigment cristallisé ;

3° Chromoleucites avec cristaux protéiques et pigment amorphe ;

4° Chromoleucites avec cristaux de nature protéique et cristaux pigmentaires ;

5° Cristaux ou formations cristalloïdes composés de pigment seul, accompagné ou non, à l'état définitif, d'une faible proportion de substance protéique.

I. — Chromoleucites sans cristaux protéiques avec pigment amorphe.

Deux cas peuvent se présenter : dans le premier, les granules de pigment qu'englobe le stroma sont visibles à certains grossissements ; dans le second, la structure des leucites semble homogène, quel que soit le grossissement employé. Mais, comme nous l'avons déjà dit, ces deux types sont reliés par des formes intermédiaires si nombreuses qu'il ne nous paraît pas permis de douter de leur identité.

1^{er} cas. — *Chromoleucites à pigment amorphe dont la structure est visible au microscope.* — M. Schimper, le premier, a décrit avec soin, dans son mémoire le plus récent, des leucites dans lesquels cette structure apparaît avec la plus grande évidence (1), ceux des *Aloe verrucosa*, *Equisetum arvense* (tissus profonds des tiges), *Adonis flammens*, *Oncidium amictum*, *Amsinckia intermedia*, *Tulipa gesneriana*. L'auteur fait remarquer la tendance que présentent les granules colorés à se masser vers la périphérie. L'*Oncidium amictum* est indiqué par lui comme la plante où ce mode de répartition des granules apparaît avec le plus de netteté.

Nous ne pouvons que confirmer ici et étendre les données de M. Schimper. Nous avons, en effet, constaté une structure analogue chez tous les *Aloe* dont la fleur et les parties voi-

(1) *Loc. cit.*, p. 108 et suivantes, pl. III, p. 24-27.

sines de la fleur offrent une coloration rouge; le nombre et le volume des granules, la grosseur des chromolencites eux-mêmes varient dans ces conditions. Tels sont les leucites des *Aloe arborescens*, *margaritifer*, *plicatilis*, etc. (pl. XIV, fig. 3). Nous trouvons enfin, dans ce même genre, ces formes de passage que nous avons citées comme reliant les leucites à structure apparente homogène aux leucites distinctement granulés. Chez ces derniers, les grains colorés ont une tendance à se réunir vers la périphérie, où on les voit fréquemment former une sorte de couronne, le centre du stroma demeurant simplement nuancé de rose. Ceux d'entre les chromolencites des *Aloe* dont la structure apparente est homogène (pl. XIV, fig. 3, *b*) laissent voir une zone périphérique plus colorée, qui indique la même tendance. La coloration uniforme du stroma, dans les leucites à granules pigmentaires (pl. XIV, fig. 3, *a*), nous porte à croire qu'indépendamment des granules visibles au microscope, il en existe d'autres beaucoup trop petits pour être aperçus, et uniformément répartis dans le corps protéique.

Fleur des Asphodèles. — Sans quitter la famille des Liliacées, nous décrirons encore quelques exemples nouveaux se rattachant au même type. Chez les Asphodèles, l'*Asphodelus cerasifer* en particulier, la bande vert brunâtre qui marque la nervure médiane de chaque pièce du périanthe doit sa coloration à un mélange de chloroleucites normaux et de chromolencites à pigment rouge granulé (pl. XIII, fig. 24). Les corps chlorophylliens existent seuls dans la jeune foliole; ils sont arrondis ou, souvent aussi, allongés en bâtonnets (pl. XIII, fig. 24, *a*). Plus tard, les chloroleucites des cellules superficielles deviennent peu à peu d'un vert rougeâtre, tandis que le pigment rouge carmin s'y montre sous forme de granules plus ou moins régulièrement disséminés dans le stroma. Quant à ce dernier, il se décolore peu à peu, ou bien quelquefois (fig. 24, *a*) il reste vert encore alors que les granules rouges ont fait leur première apparition. Ger-

ains chromoleucites de la même région (fig. 24, *c*) montrent des granules d'un rouge orangé pâle, et il existe entre cette dernière coloration et la teinte rouge carmin des chromoleucites parfaits (fig. 24, *c*) des nuances intermédiaires.

L'examen microchimique démontre que, dans les leucites devenus d'un vert rougeâtre, le pigment nouveau existe déjà, probablement en particules très fines, mêlé au pigment chlorophyllien. Cette matière colorante est-elle une substance nouvelle due à l'activité du stroma, ou bien est-elle le simple résultat d'une modification chimique de la chlorophylle, comme l'admet M. Ch. Flahault pour le pigment jaune? C'est là une question que des recherches physiologiques auxquelles nous n'avons pu nous livrer encore pourront seules résoudre.

Bulbine semibarbata (pl. XIV, fig. 4). — Dans cette Liliacée, les pièces du périanthe sont jaunes, nuancées de rouge en dehors. Lorsque la teinte rouge se trouve ainsi superposée à un pigment jaune, comme chez les *Tropaeolum*, le *Tecoma grandiflora*, etc., elle est généralement déterminée par la présence d'un suc coloré; dans le cas actuel, les deux teintes sont représentées par des chromoleucites. Ces derniers dérivent de corps chlorophylliens arrondis, d'un faible volume, principalement groupés autour du noyau dans les jeunes cellules (pl. XIV, fig. 4, *a*). Le parenchyme et l'épiderme interne de la fleur adulte montrent des leucites (pl. XIV, fig. 4, *c*) jaunes, discoïdaux, à structure apparente homogène; dans l'épiderme externe se trouvent des chromoleucites (fig. 4, *b*) dont le stroma, coloré en jaune orangé très pâle, contient des granules rouge carmin. La forme et le volume de ces leucites sont fort inégaux; quelques-uns d'entre eux ressemblent plutôt à des portions de protoplasma différenciées qu'à de véritables chromoleucites.

Fruits du Clivia nobilis (pl. XIV, fig. 5). — Ces fruits, d'une belle couleur rouge, contiennent un suc rouge carmin dans

leurs cellules épidermiques. La pulpe des fruits verts encore (fig. 5, *a*) montre des chloroleucites dans lesquels le pigment chlorophyllien est nettement condensé en granulations vertes (pl. XIV, fig. 5, *a*). Comme dans l'exemple précédent la couleur des chloroleucites passe peu à peu au jaune orangé pâle, les granules verts disparaissent et sont remplacés par des granules d'un pigment orangé, peu nombreux, et à peu près uniformément répartis dans le stroma. Ces derniers ne proviennent évidemment pas des granules chlorophylliens par un simple changement de teinte, car ils n'ont avec eux aucun rapport, soit comme nombre, soit comme volume (pl. XIV, fig. 5, *b*).

Certains chromoleucites ont un stroma coloré d'une teinte différente de celle des granules ; tels sont, par exemple, ceux que nous avons observés dans l'épiderme interne de la base de la corolle chez l'*Atropa Belladonna* (pl. XIV, fig. 6). Dans ces formations le stroma est coloré en jaune uniforme, et quelques granules rouges tranchent par leur teinte beaucoup plus vive sur le fond du chromoleucite.

Un certain nombre de Renonculacées se font remarquer par des leucites à pigment granulé. Ceux de l'*Adonis autumnalis* à granules d'un rouge vif ont été l'objet d'une description spéciale de la part de M. Schimper. Les exemples de ce genre sont d'ailleurs assez nombreux dans cette famille ; tels sont encore, par exemple, les chromoleucites de certaines Anco- lies à fleurs jaunes, ceux qui chez certaines Renoncles (*Ranunculus creticus* p. c.) se trouvent mêlés aux chromoleucites à teinte uniforme, etc. Les uns et les autres dérivent de chloroleucites.

Chez les Amygdalées (le Pêcher, l'Abricotier et l'Amandier) on trouve à la base de la corolle, autour de la cupule réceptaculaire, une zone de couleur orangée. Dans les cellules de cette région existent de nombreux chromoleucites (pl. XIV, fig. 7) régulièrement arrondis, formés d'un stroma orangé dans lequel sont englobés de volumineux granules d'une coloration beaucoup plus vive. L'examen microchimique nous

porte à croire que le pigment des granules et celui qui est intimement uni au stroma ne se distinguent que par un état de division différent.

La fleur orangée du *Geum coccineum* montre, en même temps que des chromoleucites jaune orangé en forme de fuseaux et que nous rattachons à un autre type (pl. XIV, fig. 8, *a*), des leucites arrondis dont le stroma peu coloré contient des granules d'une teinte beaucoup plus vive (fig. 8, *b*). Nous verrons plus loin que la forme en fuseaux indique, chez le pigment, un état moléculaire voisin de l'état cristallin; la fleur du *Geum coccineum* est donc intéressante par ce fait qu'elle nous offre un même pigment sous deux états distincts, et engagé dans des leucites de forme différente.

Les Asparaginées nous offrent également quelques exemples de ce genre de leucites. Dans le fruit du *Ruscus aculeatus*, on trouve de gros chromoleucites d'une couleur orangée dont le stroma est lui-même d'un rouge uniforme. Au milieu de ce dernier se montrent des granules d'une coloration beaucoup plus intense (pl. XIV, fig. 9).

Comme la fleur du *Geum coccineum*, le fruit de l'*Asparagus officinalis* contient des chromoleucites jaune orangé de deux sortes; les uns, en fuseaux ou en triangles, doivent être rangés parmi ceux dont le pigment est à l'état cristallin, les autres contiennent le même pigment à l'état amorphe. Les uns et les autres dérivent de chloroleucites. Les cellules du péricarpe sont, au début, bourrées de chloroleucites arrondis, assez volumineux, d'un vert pâle (pl. XIV, fig. 10, *a*). Leur teinte verte s'avive d'abord, puis passe au vert jaunâtre (fig. 10, *b*); à ce moment encore, quel que doive être leur état ultérieur, leur forme n'est pas modifiée. Bientôt enfin, chez certains de ces chromoleucites, se montrent au sein du stroma dont la teinte est devenue orangée de nombreux granules d'un rouge vif, pressés les uns contre les autres (fig. 10, *c*). Il peut arriver alors que le stroma se résorbe, ce qui a lieu particulièrement dans les cellules épidermiques.

Fruits de Solanées. — Les baies de Solanées, dont quelques-unes avaient été étudiées déjà (*Solanum Dulcamara*, *S. Pseudocapsicum*, *Lycium*, *Lycopersicum esculentum*, etc.), nous ont offert un sujet d'observation des plus intéressants. On y rencontre, en effet, tous les types de corps colorés qui existent dans l'ensemble des Phanérogames, et souvent avec une netteté que l'on chercherait vainement ailleurs. D'après la nature, la forme et le siège des pigments nous avons pu répartir ces fruits en cinq catégories, mais sans avoir, ici encore, la prétention d'établir une vraie classification, car on rencontre fréquemment deux ou plusieurs formes de pigments dans une seule et même baie. En groupant les fruits où l'une de ces formes prédomine, nous observons :

1^{re} Des fruits qui doivent leur coloration à des sucs violets contenus dans les cellules de l'épicarpe, le mésocarpe renfermant généralement des chloroleucites et de l'amidon (*Belladone*, *Aubergine*, *Morelle noire*) ;

2^{re} Des fruits dont la couleur est due à des cristaux à peu près exempts de stroma lorsqu'ils ont pris leur accroissement définitif (*Lycopersicum esculentum*, *L. pyriforme*) ;

3^{re} Des fruits renfermant des chromoleucites en fuseaux ou en tables à plusieurs pointes, formations qui devront nous occuper bientôt (*Solanum Pseudocapsicum*, *S. corymbosum*, *Sarraccha viscosa*, *Lycium*, etc.) ;

4^{re} Des fruits dont la coloration est due, non point à des leucites (qui peuvent, d'ailleurs, ne pas faire absolument défaut), mais à une matière colorante jaune spéciale qui occupe les parois fortement épaissies de leurs cellules épidermiques (*Solanum macrocarpum*, *S. racemiflorum*, etc.) ;

5^{re} Des fruits dont les chromoleucites arrondis ont une structure manifestement granuleuse (*Solanum coccineum*, *S. miniatum*, etc.).

L'étude de ces fruits est une preuve nouvelle de ce fait, établi déjà par M. Schimper et confirmé par nous, qu'il n'existe aucune relation directe entre les corps colorés des plantes et

les affinités naturelles de ces dernières. C'est ainsi, par exemple, que l'on trouve des leucites à granules jaunes chez le *Lycopersicum cerasiforme*, tandis que le parenchyme des *L. esculentum* et *L. pyriforme* montre de vrais cristaux pigmentaires. Ainsi encore le fruit du *Solanum miniatum*, si voisin du *S. nigrum* qu'on le considère souvent comme une simple variété de ce dernier, ne contient, à l'état de maturité, que des chromoleucites granulés semblables à ceux du *L. cerasiforme*, tandis que la forme typique doit sa couleur à un suc violet, etc.

Nous croyons inutile de décrire en détails ceux d'entre les leucites de ces fruits qui laissent voir avec netteté leurs granules de pigment. La figure que nous donnons des leucites du *S. miniatum* (pl. XIV, fig. 11) y suppléera d'une façon suffisante.

La vaste famille des Composées, dont nous avons eu l'occasion d'étudier un très grand nombre d'espèces, est également remarquable par la diversité des pigments qui en colorent les fleurs. Si l'on en excepte les cristaux de pigment pur, cristaux dont la présence est, d'ailleurs, relativement rare, on peut dire que les matières colorantes s'y montrent à peu près sous tous les états et sous toutes les formes. Nous nous contenterons de signaler ici les faits qui ont rapport à la catégorie de chromoleucites qui nous occupe actuellement.

L'un des exemples les plus caractéristiques de ce genre nous est fourni par la fleur des *Tagetes*. Les fleurons et les demi-fleurons doivent leur coloration à des leucites arrondis et discoïdaux, à granules rouges très distincts (pl. XIV, fig. 12), occupant la périphérie du stroma dont le centre est à peine nuancé de jaune orangé. Le stroma se résorbant plus tard dans la fleur épanouie, les granules deviennent libres dans la cavité cellulaire où ils se montrent animés d'un vif mouvement brownien. Comme chez toutes les fleurs de cette famille que nous avons eu l'occasion d'observer, ces chromoleucites dérivent de corps chlorophylliens d'un vert pâle.

Nous ferons observer ici que la présence de simples granules colorés dans la fleur épanouie ne constitue pas un fait isolé dans la famille des Composées; mais il faut se garder de confondre ces granules qui ne sont, en quelque sorte, que des débris de leucites dont l'existence est terminée, avec les chromoleucites bien vivants et réellement autonomes, mais fort nombreux et d'un faible volume, que l'on rencontre chez plusieurs fleurs de la même famille, chez le *Nimesia ancelloides* par exemple. Chez les *Hieracium* nous avons également constaté cette sorte de fragmentation des leucites primitifs.

Certains *Aster* possèdent dans leurs fleurons jaunes, à côté de leucites en apparence homogènes, d'autres formations du même genre dont le pigment est nettement granulé. Quelquefois même ce dernier manque complètement dans le centre du chromotaphore, les corpuscules jaunes formant seulement une sorte de chapelet circulaire à la périphérie (pl. XIV, fig. 13).

Chez le *Verbenesia alata* on trouve des chromoleucites jaunes qui se distinguent de ceux que nous avons décrits jusqu'ici en ce qu'ils sont tout entiers formés par des granules colorés serrés en une masse globuleuse et mûriforme (pl. XIV, fig. 14), dans laquelle on ne peut distinguer le substratum. Les corpuscules colorés se désagrègent après l'anthèse et flottent librement dans le suc cellulaire.

Les *Matricaria Parthenium* et *M. Chamonilla* contiennent, dans leurs fleurons, des chromoleucites jaunes du même groupe.

Dans le seul genre *Centaurea*, les fleurs offrent des colorations assez diverses, roses, purpurines ou bleues (*C. Jacea*, *C. Cyanus*, etc.), ou bien jaunes (*C. chilensis*, *C. candidissima*, *C. solstitialis*, *C. collina*). Parmi les espèces de cette dernière catégorie, les unes contiennent simplement un suc jaune, d'autres des granules fort petits, de même teinte, comme le *C. chilensis*, par exemple. Parmi les Centaurées à fleurs jaunes qui doivent leur teinte à un pigment dissous, nous citerons le *C. collina*, dont les fleurons d'un jaune clair offrent une ligne orangée dans leur région moyenne. L'acide sulfurique con-

centré, qui bleuit les granules jaunes des leucites, rougit ces sucs colorés. Ici encore, et dans un seul et même genre, nous voyons des fleurs d'espèces très voisines et de couleur presque identique devoir cette couleur à deux matières colorantes chimiquement distinctes.

Nous pourrions décrire encore un grand nombre d'exemples de leucites avec granules pigmentaires, visibles à des grossissements plus ou moins puissants; les fleurons de l'*Agathaea amelloides* et des *Bellis*, les fleurs de diverses Bignoniacées, des *Convolvulus tricolor* et *C. splendens* (base du tube de la corolle), certaines régions du fruit chez le *Cucurbita Pepo*, les pétales des *Ruta*, ceux du *Saxifraga Hueti* (qui renferment également des chromoleucites à structure apparente homogène), le fruit des *Arum*, etc., etc., contiennent des leucites de ce genre. Il nous suffit d'avoir montré que des chromoleucites à structure manifestement granulée peuvent être observés dans un nombre très considérable de cas, répartis dans des familles et des genres fort divers.

2^e cas. — *Chromoleucites avec pigment non cristallisé et montrant une structure apparente homogène.* — Les chromoleucites qui ne laissent voir, même aux plus forts grossissements, qu'une structure homogène et une coloration uniforme sont extrêmement répandus. Leur couleur varie du jaune pâle au jaune orangé foncé; les chromoleucites connus depuis longtemps dans l'arille des *Taxus* sont d'un rouge carmin, et rentrent dans le même type. Leur contour est le plus souvent arrondi ou discoïdal; fréquemment leur bord est pourvu d'un anneau plus vivement coloré que le centre, et qui figure une sorte de bourrelet marginal. En nous appuyant sur les détails que nous avons donnés déjà et en tenant compte des observations antérieures de M. Schimper, nous ne pouvons que nous ranger à l'opinion de ce savant qui voit, dans la présence de cet anneau périphérique, le résultat de la tendance que montrent les granules pigmentaires à se porter vers les bords du stroma. Il est superflu de rappeler qu'à l'aide de

puissants objectifs on parvient à résoudre, en quelque sorte, en granulations, certains chromoleucites qui, à des grossissements moyens, paraissent d'une texture homogène, et que les deux types que nous venons de décrire sont reliés par des formes intermédiaires qui, fréquemment, se rencontrent dans le même organe (par exemple dans les pétales jaunes du *Saxifraga Hueti*).

Il serait également inutile de décrire en détail les cas nombreux où ce type se trouve réalisé. Les fleurs des Narcisses montrent fréquemment des formations de ce genre, accompagnées d'un pigment dissous également jaune. On en rencontre dans la corolle des *Berberis* et des *Mahonia*, qui leur doivent uniquement leur nuance; chez les Cistinées, où ils dérivent de leucoleucites; chez un très grand nombre de Composées, telles que (pl. XIV, fig. 16) *Leontodon*, *Crepis*, *Tragopogon*, *Senecio*, *Matricaria*, *Calliopsis*, *Anacyclus*, *Actinomeris*, etc., où ils dérivent de chloroleucites. Ce sont des chloroleucites également qui donnent naissance à des chromoleucites du même type chez les Crucifères à fleurs jaunes, telles que (pl. XIV, fig. 17) *Bunias Erucago*, *Barbarea sicula*, *Brassica campestris*, *Sisymbrium hirsutum*, *Erysimum australe* et *E. fruticosum*, *Vesicaria grandiflora*, *Myagrum perfoliatum*, *Sinapis pubescens*, *Cheiranthus Cheiri*, etc. On en trouve également dans la tache jaune qui marque la base de la corolle chez les *Æsculus*, dans la corolle des *Phlomis* parmi les Labiées, dans la fleur d'un très grand nombre de Légumineuses, telles que *Spartium janceum*, divers *Genista*, des *Coronilla glauca*, *Cassia tomentosa*, *Medicago arborea* (pl. XIV, fig. 18), etc., etc. Nous devons signaler, à propos des Légumineuses, une exception tout aussi remarquable que celle des Centaurées à suc jaune : les fleurs du *Lotus corniculatus*, dont la couleur jaune ne se différencie nullement de celle des *Genista*, *Coronilla*, etc., doit pourtant sa coloration à un pigment dissous que l'acide sulfurique rougit, dont la nature est donc absolument distincte de celle des pigments contenus dans les chromoleucites. Au même type de formations se rat-

tachent également les chromoleucites des Violariées (partie jaune des pétales), ceux des *Abutilon* parmi les Malvacées, ceux des *Jasminum* à fleurs jaunes et des *Forsythia* parmi les Jasminées, ceux des *Bupleurum* et *Fœniculum* parmi les Ombellifères. Les *Glaucium*, *Chelidonium*, *Hypecoum*, parmi les Papavéracées, doivent leur teinte à des chromoleucites du même ordre; parmi ces dernières, nous signalerons particulièrement l'*Escholtzia californica*, dont les chromoleucites jaunes de la base des pétales et les leucites jaune orangé du limbe sont volumineux et pourvus d'un anneau périphérique nettement indiqué. Nous devons ajouter que nous avons pu extraire de ces dernières fleurs, en même temps que le pigment des leucites (caractérisé par la coloration verte d'abord, puis bleue, que lui communique l'acide sulfurique), une matière jaune, cristallisable en fines aiguilles et brunissant légèrement par l'acide sulfurique concentré. Signalons enfin les chromoleucites jaunes de la corolle des *Primula* et d'un grand nombre de Renonculacées, ceux des Potentilles parmi les Rosacées, etc.

La plupart de ces leucites sont essentiellement altérables. L'eau les gonfle et les fait éclater; fréquemment alors le bord se déroule en un fuseau ou en un bâtonnet, phénomène qui a pu donner le change au sujet de la genèse des leucites caractéristiques, en forme de fuseaux, que nous allons bientôt décrire. Souvent aussi, dans la fleur épanouie, ces formations montrent une tendance à se résoudre en gouttelettes oléagineuses ou en granules amorphes.

Ajoutons enfin que ces chromoleucites, que l'on rencontre presque exclusivement dans la fleur, verdissent tous ou bleussent par l'acide sulfurique concentré, tandis que l'iode leur communique une teinte verdâtre.

II. — Chromoleucites sans cristaux protéiques avec pigment cristallisé.

Nous abordons maintenant l'étude de corps colorés, remarquables par la tendance à cristalliser que montre le pigment

qu'ils renferment. Les cas de ce genre sont également plus nombreux qu'on ne le croyait autrefois. M. Schimper, qui en décrit un certain nombre, étudie dans un même groupe les chromoleucites chez lesquels les formations cristallines sont engagées dans un stroma plus ou moins abondant, et celles qui se montrent à peu près totalement indépendantes, lorsqu'elles ont atteint leur état définitif. Nous croyons devoir étudier à part ces dernières, à cause des particularités qu'elles présentent.

Les chromoleucites en forme de fuseaux plus ou moins aigus, de plaques triangulaires, de tables à plusieurs pointes, etc., ont été depuis longtemps observés et décrits; mais leur structure n'a pu être soumise à un examen sérieux que grâce aux perfectionnements récemment apportés à nos moyens d'investigation.

M. Trécul (1) expliquait l'origine des fuseaux en supposant l'existence de vésicules colorées dont la paroi se serait brisée latéralement. L'enveloppe vésiculaire se serait alors développée en un fuseau de volume et de forme variables.

M. Ad. Weiss (2) ne s'était guère occupé que de la naissance même et des toutes premières phases évolutives de ces formations; il les compare aux corps chlorophylliens, avec lesquels il essaye de démontrer leur analogie. Mais quelques années plus tard (1872), M. G. Kraus (3) décrivit avec soin la formation des fuseaux colorés chez le fruit du *Solanum Pseudocapsicum*. Ce sont tout d'abord, d'après lui, des corps globulaires et massifs; mais bientôt se montre à leur centre une vacuole qui grandit peu à peu, atteint la surface du leucite et le fait éclater. Ce sont bien des vacuoles, ajoute l'auteur, qui déterminent la production de ces formes : la netteté de leurs con-

(1) *Des formations vésiculaires dans les cellules végétales* (Ann. des sc. nat., Botanique, 4^e série, t. X, année 1858).

(2) *Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte des Farbstoffes in Pflanzenzellen* (Sitz. der Acad. in Wien. Math. Naturw., Cl. 1866, B. 54, p. 154).

(3) *Die Entstehung der Farbstoffkörper in den Beeren von Solanum Pseudocapsicum*.

tours, et surtout l'analogie d'aspect qu'elles offrent avec les vacuoles que l'on détermine artificiellement dans les grains de chlorophylle, en sont des preuves irrécusables.

M. Fritsch (1) adopte l'opinion de M. Kraus. Généralisant les déductions de ce dernier, M. Fritsch décrit en détail un certain nombre d'exemples (*Impatiens longicornu*, *Tropaeolum majus*, etc.) sur lesquels il s'appuie pour démontrer que, dans tous les cas, les fuseaux colorés dérivent de leucites sphéroïdaux qui se creusent plus tard d'une ou de plusieurs vacuoles. Suivant la manière dont celles-ci se fusionnent, suivant les points de la surface qu'elles atteignent et dont elles déterminent la rupture, on voit naître des formes plus ou moins variées, dont l'explication, d'après cet auteur, ne saurait être recherchée ailleurs. Les figures qu'il donne à l'appui de son opinion semblent la confirmer d'une manière irrécusable.

Telle n'est pourtant pas l'opinion de M. Schimper (2), qui admet que, *dans tous les cas*, les leucites de ce genre sont composés d'un stroma et de cristaux, de nature protéique ou pigmentaire, dont la direction et le mode de groupement impriment au leucite sa forme caractéristique. M. Meyer (3) pensait que la substance protéique jouissait seule de la faculté de cristalliser au sein du leucite, et que d'elle seule, par conséquent, dépendait la forme de ce dernier. Dans un précédent mémoire (4), M. Schimper admettait une opinion diamétralement opposée à celle de M. Meyer : dans aucun cas, d'après lui, le stroma n'aurait formé de cristaux, cette propriété étant l'apanage exclusif de la matière colorante. Enfin, dans son dernier travail sur les corps colorés (5), ce même auteur se montre beaucoup moins absolu. Il résulte, en effet, de ses observations les plus récentes, que le stroma et le pigment

(1) *Ueber körnige farbige Stoffe*, etc.

(2) *Untersuchungen über die Chlorophyllkörper*, etc.

(3) *Ueber Kristalloide der Trophoplasten und über die Chomoplasten der Angiospermen* (*Botanische Zeitung*, 1883).

(4) *Erwiderung* (*Bot. Zeit.*, 1883).

(5) *Untersuchungen über die Chlorophyllkörper*, etc., p. 92.

peuvent affecter, isolément ou tous deux dans le même leucite, la forme de cristaux. « Le phénomène de cristallisation qui, dit-il, détermine la formation des fuseaux, bâtonnets, triangles, etc., ne s'étend nullement à la totalité du chromatophore, de sorte que, ainsi que le dit M. Meyer, le stroma est entraîné par les cristaux en voie d'accroissement. Là où ils existent, ces cristaux colorés consistent en pigment pur, sans enclaves protéiques apparentes ni autres substances étrangères; ils sont enveloppés par le stroma, ou lui sont simplement adjacents. Il en est de même des cristaux protéiques; ceux-ci consistent en protéine pure, et ne contiennent jamais d'enclaves pigmentaires. » Jamais, d'après M. Schimper, les leucites en fuseaux, en tables triangulaires, etc., ne se formeraient par déhiscence d'un leucite devenu vacuolaire; les auteurs qui ont décrit ce processus auraient pris pour des phases de développement de simples états de dégénérescence ou d'altération des leucites, altération déterminée souvent par l'action des réactifs ou par l'action mécanique exercée sur les leucites.

La propriété la plus importante de ces cristaux est, ajoutait-il, leur dichroïsme. Leur couleur varie en effet, dans la lumière polarisée, suivant la direction des axes. C'est grâce à cette propriété que peuvent être aperçus certains cristaux très délicats, nus ou englobés dans un stroma, en des points où le microscope est impuissant à les découvrir dans la lumière ordinaire.

Après avoir décrit les cristaux pigmentaires de la Carotte cultivée, M. Schimper signale dans le fruit du *Sorbus aucuparia* et dans le réceptacle du *Rosa arvensis* (1) des chromoleucites en forme de fuseaux, de tables à trois pointes, etc., composés d'un stroma incolore et d'un pigment en partie ou en totalité cristallisé en aiguilles. Ces chromoleucites, dit-il, dérivent de chloroleucites par un processus qu'il est aisé de suivre. Chez le *Tropaeolum majus*, d'après le même auteur (2),

(1) *Loc. cit.*, p. 127, pl. III, fig. 46-51.

(2) *Loc. cit.*, p. 129.

l'épiderme calicinal montre des chromoleucites où le stroma est peu abondant relativement au pigment jaune orangé qui s'y trouve cristallisé en longues et nombreuses aiguilles ; dans les autres parties du calice et dans la corolle, le pigment est en grains amorphes ou en cristaux punctiformes qui n'agissent en rien sur la forme des chromoleucites. Dans la baie de la Douce-amère (1), il décrit des leucites à deux pigments, l'un orangé, l'autre rouge, dans lesquels on peut constater la présence de petits cristaux à double réfraction. Enfin, dit encore ce savant, la fleur du *Tydeea hybrida* est remarquable par la présence de leucites à plusieurs pointes contenant à la fois des cristaux aciculaires et des granulations rouges (2).

Nous nous trouvons donc, au sujet des chromoleucites qui nous occupent, en présence de deux théories complètement opposées : celle de MM. Kraus et Fritsch, pour lesquels ces formations proviennent de leucites arrondis qui se creusent de vacuoles et se rompent sur un ou plusieurs points de leur surface ; celle de M. Schimper pour lequel ces chromoleucites seraient toujours et uniquement le résultat de phénomènes de cristallisation. L'une et l'autre théorie sont appuyées par des exemples et par des figures dont l'exactitude et la fidélité ne sauraient être mises en doute. Nous avons tâché d'éclaircir ce point en multipliant nos observations et en étudiant chaque objet, autant qu'il nous a été possible, à partir des états les plus jeunes.

Nous avons conclu de nos recherches que les données de M. Schimper sont exactes dans la grande majorité des cas, et que la théorie opposée a été, en grande partie, basée sur des observations incomplètes. Il ne nous est cependant pas possible d'être aussi absolu que ce savant, et nous admettons que le processus décrit par MM. Kraus et Fritsch n'est pas toujours un phénomène de dégénérescence ou d'altération. Nous exposerons plus loin quelques faits à l'appui de notre manière de voir.

(1) *Loc. cit.*, p. 131, pl. III, fig. 23.

(2) *Loc. cit.*, p. 131, pl. III, fig. 39.

Les cas où la matière colorante se montre, dans les leucites, à l'état de fines aiguilles, sont très fréquents. Le nombre des aiguilles que peut contenir un leucite varie dans de larges limites; on peut les trouver réunies par centaines dans certains corps colorés, tandis que d'autres, très étroits, n'en renferment que quelques-unes. Ces aiguilles sont plus ou moins longues, fréquemment recourbées en crochets ou en boucles, lorsque leurs extrémités débordent le corps du leucite en forme de longues pointes. D'autres fois ces cristaux, beaucoup plus courts, affectent l'aspect de bâtonnets. Ces formations cristallines, disposées par faisceaux, parallèles ou divergents, communiquent aux leucites des formes particulières, en fuseaux, en triangles, etc.

Mais avant d'aller plus loin, nous devons faire une réserve en ce qui concerne ces aiguilles de pigment que M. Schimper n'hésite pas à considérer comme de vrais cristaux, d'après leurs propriétés optiques, et surtout d'après leur dichroïsme. Il serait préférable, à notre avis, de les assimiler à ces formations qui représentent une sorte d'état intermédiaire entre l'état amorphe et l'état cristallin, et que les minéralogistes appellent des *cristallites*. Dans cet état, les molécules sont déjà disposées d'après certaines lois, de telle sorte que ces corps peuvent agir sur la lumière polarisée, tout en conservant des surfaces courbes et une direction flexueuse incompatibles avec l'état de vrais cristaux. Les cristallites minéraux apparaissent dans des conditions où la cristallisation est gênée par la nature du milieu ambiant, par exemple, lorsqu'un composé se sépare au sein d'une substance demi-liquide ou pâteuse. Or telles sont précisément les conditions dans lesquelles se forment les aiguilles colorées des leucites, puisque le pigment apparaît au sein d'une substance protéique d'une consistance supérieure à celle du protoplasma cellulaire. Cette manière de voir nous paraît d'autant mieux justifiée que nous avons réussi à obtenir, à l'aide de pigments extraits par divers véhicules, des aiguilles courbes ou flexueuses tout à fait comparables aux aiguilles naturelles des

leucites, et presque toujours nous n'avons pu provoquer ces formations artificielles que lorsque l'organe coloré contenait des chromoleucites fusiformes ou en tables, à structure cristalline. Nous aurons à revenir un peu plus loin sur ces observations.

Quoi qu'il en soit, nous conserverons, pour la commodité du langage, le terme de *cristaux* pour désigner ces formations, tout en faisant remarquer qu'il ne s'applique d'une manière exacte qu'à certains des corps colorés que nous aurons ultérieurement l'occasion de décrire.

Nous nous occuperons également plus loin des caractères chimiques de ces pigments. Nous nous contenterons de faire remarquer ici que, quelles que soient leur forme et leur nuance (jaune orangé, rouge orangé, rouge carmin), *ces pigments bleuissent tous fortement par l'acide sulfurique concentré et verdissent par l'iode.*

Nous avons repris les observations de M. Schimper, et nous avons pu les étendre à un beaucoup plus grand nombre d'objets, grâce aux échantillons de fruits, de fleurs et de graines qu'il nous a été possible de nous procurer au Jardin botanique de Montpellier. Nous allons faire connaître un certain nombre d'exemples, en insistant de préférence sur ceux qui nous ont paru les plus confirmatifs.

Bractées du Strelitzia Reginae (1) (pl. XIV, fig. 19-22). — Les bractées d'un beau jaune orangé qui accompagnent la fleur de cette Musacée, présentent dans toutes les cellules de leurs parties colorées de nombreux chromoleucites en fuseaux (pl. XIV, fig. 19), droits ou faiblement recourbés. Ces fuseaux sont, dans une même cellule, tantôt tous orientés dans une seule et même direction, tantôt réunis en faisceaux diver-

(1) On s'est plaint, avec raison, que les anatomistes ne se préoccupent pas assez de déterminer rigoureusement les espèces qui font l'objet de leurs études. Comprenant l'importance de ce reproche, nous ne nous sommes pas contenté d'admettre le nom sous lequel une plante est connue dans nos jardins botaniques, nous avons tenu à la vérifier dans tous les cas; nous y avons été puissamment aidé par le dévouement et l'expérience de M. Barrandon.

gents. Parfois alors, entre deux faisceaux de direction différente, se trouve un leucite à trois pointes, ainsi que le représente la figure 19. Dans tous les cas, ces chromoleucites se montrent serrés les uns contre les autres, disposition qui, seule déjà, suffirait à démontrer qu'ils n'ont pu se former par déhiscence de leucites arrondis. L'étude de leur développement confirme, d'ailleurs, pleinement ce que la simple observation des leucites adultes permettait de prévoir. Les jeunes bractées, blanches encore ou à peine nuancées de jaune, ont été observées après traitement par le réactif iodé. Les parties entièrement blanches n'offraient dans leurs cellules que des leucoteucites arrondis, d'un très faible volume. Les portions qui commençaient à jaunir renfermaient déjà de petits leucites fusiformes, plus renflés dans leur milieu que les leucites adultes et beaucoup plus courts, mais occupant déjà la situation qu'ils devront conserver (pl. XIV, fig. 20, B); très rarement on remarque parmi ces jeunes leucites des formes triangulaires. Dès ce moment, malgré la quantité très faible de matière colorante qu'ils renferment, l'iode leur communique une teinte verdâtre sensible.

Les chromoleucites du *Strelitzia* dérivent donc de leucoteucites arrondis, dont la forme se modifie de très bonne heure, et chez lesquels le pigment apparaît dès le début de leur évolution. Mais ce changement de forme n'est accompagné de la formation d'aucune vacuole; la cristallisation du pigment en est uniquement la cause. Leur développement est, d'ailleurs, tout à fait indépendant du noyau cellulaire, vers lequel les fuseaux paraissent parfois en direction convergente; cette situation est due à la présence des trabécules et des lamelles protoplasmiques unissant le protoplasma périphérique au protoplasma périnucléaire, et dans lesquelles les chromoleucites se trouvent engagés.

Les bractées du *Strelitzia* se décolorent entièrement lorsqu'on les fait macérer pendant quelques jours dans de l'alcool fort. Si l'on traite les tissus ainsi privés de pigment par l'iodure de potassium iodé ou par le vert de méthyle, on aperçoit, à un

fort grossissement, des corpuscules, jaunes dans le premier cas, verts dans le second, qui, bien que d'une extrême délicatesse, laissent reconnaître une forme et une disposition identiques à celles des chromoleucites. La nature protéique de ces corpuscules se révèle par leurs réactions; mais ils ne polarisent pas la lumière, et leur forme élargie vers le milieu, terminée en pointe aux deux extrémités, ne rappelle nullement celle de cristaux. Nous considérons ces corps comme représentant le stroma des leucites qui persiste après dissolution du pigment, stroma d'ailleurs peu abondant, et qui exige, pour être aperçu, d'être traité par un réactif assez concentré. Nous n'avons pu constater directement l'existence du cristal protéique signalé par M. Schimper dans ces chromoleucites (1).

Il n'en est pas de même des aiguilles cristallines de pigment, dont la présence dans les fuseaux ne saurait être mise en doute. D'abord ces formations agissent nettement sur la lumière polarisée; en second lieu, si l'on observe à un fort grossissement un fragment de bractée traité par l'alcool absolu, avant la dissolution complète du pigment, on voit les aiguilles colorées qui ont résisté à l'action du dissolvant apparaître nettement au milieu du leucite, dont la forme n'est nullement altérée (pl. XIV, fig. 21). En comprimant légèrement le couvre-objet, on peut même déplacer quelques-unes de ces aiguilles, comme le montre la figure 21, *b* et *c*.

Les bractées peu colorées qui sont directement appliquées contre la fleur, et même la base à peine jaunâtre des bractées externes, montrent des leucites arrondis qui se colorent lentement sans s'allonger en fuseaux. Leur teinte orangée s'accroît surtout à la périphérie, où se montre un anneau coloré. Le centre prend alors l'aspect d'une simple vacuole, et l'anneau,

(1) Cependant, comme nous l'avons dit déjà, il nous paraît probable qu'il existe dans la masse même de ces formations, et peut-être dans celle de tous les chromoleucites de ce genre, des corpuscules protéiques, masqués par le pigment, et qui peuvent devenir visibles, dans certaines circonstances, en augmentant de volume. De là ces formes en raquettes que nous avons observées chez le *Strelitzia*, et que nous avons retrouvées dans beaucoup d'autres plantes (voy. pl. III, fig. 5, A, et pl. VI, fig. 10).

dont l'un des bords s'est aminci, éclate et se déroule en un fuseau plus ou moins flexueux (pl. XIV, fig. 22). Ces dernières formations sont évidemment distinctes des fuseaux serrés et réguliers que l'on observe dans les parties fortement colorées ; leur développement ne s'en accomplit pas moins d'une façon normale, dans des organes pleins de vigueur, et sans qu'on puisse invoquer l'action perturbatrice des réactifs.

Fruit du Momordica Balsamita. — Le péricarpe de ce fruit contient des chromoleucites fusiformes, dont la couleur et la disposition rappellent presque en tous points ceux du *Strelitzia* ; ils sont cependant plus longs et plus grêles. Bien que nous n'ayons pu nous procurer de jeunes fruits, il nous paraît logique d'admettre que le développement de ces leucites est absolument le même que celui des leucites du *Strelitzia*. La présence de corps colorés annulaires et de formes intermédiaires entre ces derniers et de longs bâtonnets plus ou moins recourbés que l'on rencontre à côté des anneaux dans certaines cellules, montre qu'ici également le mode de formation par gonflement du stroma central et par déroulement se trouve réalisé dans certaines portions du péricarpe, principalement dans les cellules superficielles. Ici encore il ne faut pas confondre ces bâtonnets, qui se montrent d'une manière en quelque sorte accidentelle, avec les leucites fusiformes normaux, bien que leur production s'effectue dans des conditions tout à fait naturelles.

[Nous ferons remarquer en passant que l'arille de la même plante ne renferme aucune trace de fuseaux. Chaque cellule de cet organe contient un gros cristal d'oxalate de chaux, autour duquel se montrent de nombreux leucites d'un rouge pourpre, arrondis, irréguliers, parfois oblongs. Le pigment rouge de l'arille n'en est pas moins susceptible de cristalliser, car une préparation de cet organe, conservée pendant vingt-quatre heures dans la glycérine, montrait des sphérules décolorées et de fines aiguilles rouges, isolées ou groupées par faisceaux.]

Fleur de l'Allium sicutum (pl. XIV, fig. 1). — Le périanthe de cette fleur est formé de six folioles réunies à la base en un bourrelet nectarifère. La couleur de ces folioles, d'un vert sale d'abord, devient ensuite brunâtre; la base épaissie du périanthe est d'abord verte, puis elle se nuance vers la surface interne d'une teinte orangée. Les cellules du périanthe contiennent, au début, des chloroleucites arrondis, d'un beau vert, tandis que les cellules épidermiques renferment un suc carmin. Déjà, au moment de l'anthèse, les corps chlorophylliens de la base jaunissent, tandis que leur centre se décolore sensiblement. Plus tard, la chlorophylle a totalement disparu de ces formations; à leur périphérie s'est formé un anneau orangé, souvent très mince, qui ne tarde pas à se dérouler en un bâtonnet grêle et flexueux (pl. XV, fig. 1), aminci aux deux extrémités. Les cellules basilaires du périanthe sont bientôt remplies par ces formations, qui se distinguent des fuseaux nés par un processus de cristallisation en ce qu'ils sont disposés sans ordre et sans direction déterminée, entremêlés de chromoleucites annulaires et d'autres recourbés en boucles.

Ces sortes de chromoleucites, qui ailleurs constituent une exception, prédominent donc à la base du périanthe de l'*Allium sicutum*. Toutefois, il faut le reconnaître, leur état définitif ne se trouve réalisé que dans la fleur épanouie déjà et probablement fécondée, et cette apparition tardive constitue un nouveau caractère distinctif.

Le pigment que renferment ces formations ne se distingue pas, au point de vue microchimique, de celui des bractées du *Strelitzia*.

Fruit de l'Hedychium Gærtnerianum (pl. XV, fig. 2-5). — Le péricarpe de cette plante renferme deux matières colorantes distinctes, et l'arille est lui-même coloré par des corps d'une nature différente.

La couleur orangée du péricarpe est due à la présence de fuseaux allongés à pointes aiguës, généralement groupés en faisceaux serrés (pl. XV, fig. 2), qui souvent affectent eux-

mêmes, dans leur ensemble, un contour fusiforme (fig. 3, A, A). Il n'est pas rare de rencontrer des chromoleucites plus larges, montrant une tendance à se diviser longitudinalement en un ou plusieurs fuseaux plus étroits. Enfin, mêlés à ces corps, on trouve çà et là des tables à trois pointes, au milieu desquelles un espace clair indique une tendance de ces chromoleucites à se scinder en trois fuseaux correspondant aux trois côtés du triangle. Cette disposition, que nous allons retrouver plus nettement indiquée dans le fruit du Chèvrefeuille, est très propre à nous montrer les rapports des leucites en fuseaux avec les leucites en tables triangulaires. Les faisceaux de chromoleucites, tantôt droits, tantôt flexueux, affectent dans la cellule des dispositions très variées (fig. 4, A, B, C, D). Mieux encore que les bractées du *Strelitzia*, ce fruit nous démontre l'indépendance des leucites à l'égard du noyau, au moins à l'état adulte. On voit ces faisceaux de leucites tantôt uniquement appliqués contre la paroi cellulaire et engagés dans le protoplasma pariétal (D), tantôt placés, les uns contre la paroi, les autres dans la cavité cellulaire, rayonnant en éventail du noyau vers la périphérie en suivant les trabécules formées par le protoplasma (B, C), tantôt en deux ou trois groupes convergents vers le noyau (A); d'autres fois enfin, principalement dans les cellules épidermiques, tous les fuseaux, formant un faisceau unique (D) ou plusieurs faisceaux distincts, sont placés dans une même direction, étendus suivant le plus grand diamètre de la cellule.

Le nombre de chromoleucites diminue dans les régions profondes du péricarpe; ils y sont mêlés à d'autres leucites beaucoup plus renflés vers le centre, parfois pourvus d'une seule pointe et élargis à l'autre extrémité en forme de raquettes. Le centre de ces dernières formations est incolore, et il suffit de jeter les yeux sur la figure 5 de la planche XV pour comprendre l'analogie qu'ils présentent avec ceux que nous avons déjà décrits dans certaines régions des bractées du *Strelitzia* et du fruit du *Momordica Balsamita*, avec ceux de l'*Allium siculum*, et surtout avec ceux que nous ferons connaître un

peu plus tard dans la variété jaune du *Cucurbita Pepo* (1).

Dans les cellules épidermiques, les leucites fusiformes se trouvent mêlés à un suc rouge peu abondant.

Fleurs du Cacalia coccinea (pl. XV, fig. 6). — De tous les exemples que l'on pourrait citer à l'appui de la structure cristalline du genre de leucites qui nous occupe, nous n'en avons pas trouvé de plus frappant que celui que nous offrent les fleurs de cette Composée. L'observation en est d'autant plus instructive qu'elle n'exige ni l'emploi d'appareil polarisateur ni celui d'objectifs à immersion, les aiguilles pigmentaires se montrant ici à des grossissements tout à fait moyens. La corolle épanouie est d'un beau rouge orangé foncé; elle offre des chromoleucites de même teinte, fusiformes, triangulaires, quadrangulaires (pl. XV, fig. 6, et pl. XIII, fig. 13), etc., dans lesquels les aiguilles colorées sont groupées par faisceaux divergents, et l'on acquiert ici d'une façon irréfutable la certitude que la croissance du leucite dans deux ou plusieurs directions est due simplement à l'orientation de ces faisceaux cristallins. A la moindre pression, on voit ces derniers se désagréger en leurs parties constituantes (C, D, E), et les aiguilles plus ou moins flexueuses se répandre dans le suc cellulaire. Les fleurs du *Cacalia* montrent encore le même pigment sous un état amorphe, engagé dans des leucites qui se rattachent, par conséquent, à la première catégorie (F). Les chromoleucites du tube et du limbe des fleurons sont presque tous dirigés dans le sens même de la longueur de l'organe; c'est dans les cellules des bords du limbe, et surtout dans les papilles de ce bord, que l'on trouve les formes les plus variées.

Certains capitules de la même espèce ont une couleur jaune orangé; les chromoleucites que renferment les fleurons offrent alors la même nuance, mais leur forme et leur structure sont absolument les mêmes.

(1) Comme nous le verrons plus loin, ces formes singulières sont dues à la présence d'un cristalloïde protéique, dépourvu de matière colorante, qui augmente de volume par suite d'un gonflement rapide.

Lorsque le leucite ne contient qu'un seul faisceau cristallin, le contour en est simplement fusiforme (fig. 6, A); s'il existe dans le même stroma deux faisceaux convergents par un de leurs bouts, le corps coloré prend la forme d'une table à trois pointes (D); les formes à quatre ou plusieurs pointes sont dues à la présence de trois ou de plusieurs faisceaux divergents par leurs extrémités (B) (1).

Nous avons exposé précédemment le développement de ces leucites. Il resterait à élucider une question que M. Schimper ne soulève pas, et que l'on peut se poser, d'ailleurs, à propos de tous les chromoleucites. Les aiguilles cristallines se montrent-elles tout à coup au sein du stroma, ou bien le pigment est-il d'abord dissous dans ce dernier, et y cristallise-t-il comme il le ferait dans une solution concentrée? Bien que les moyens de résoudre directement cette question nous manquent encore, nous nous croyons autorisé, par certaines observations, à admettre la seconde de ces deux hypothèses. Une solution éthérée et fortement concentrée de ce pigment laisse, en effet, former des aiguilles colorées, ou mieux des cristallites en forme de filaments flexueux, diversement enchevêtrés (pl. XVIII, fig. 9), et qui rappellent d'une manière frappante les aiguilles des chromoleucites du *Cacalia*.

Qu'il nous soit permis, à propos de cette plante, de mentionner une exception du genre de celles que nous avons signalées déjà, et bien propre à démontrer, une fois de plus, l'indépendance de la couleur des pigments à l'égard de leur nature chimique. Les fleurons du *Carthamus tinctorius*, dont la coloration, variable du reste, rappelle celle des fleurs de *Cacalia*, ne contiennent que deux pigments en solution, l'un jaune, l'autre rouge orangé, dont les réactions sont particulières.

Chez beaucoup d'autres Composées dont la fleur présente

(1) Ici encore, nous avons constaté plusieurs fois, dans ces chromoleucites, la présence de corpuscules protéiques qui, se gonflant à un moment donné par un phénomène d'hydratation, écarte les aiguilles pigmentaires de telle sorte que l'aspect et le contour du corps coloré se trouvent modifiés.

une coloration analogue, il existe des chromoleucites dont la forme trahit la structure cristalline, bien que les cristaux échappent à l'observation par leur grand nombre et par leur petitesse. Parmi ces plantes nous citerons en particulier le *Kleinia quercifolia*.

Fruits du Tamus communis (pl. XV, fig. 7). — Ce fruit doit sa belle coloration rouge à un suc carmin qui occupe ses cellules épidermiques, et à des leucites rouges que l'on trouve dans les cellules extérieures du péricarpe (pl. XV, fig. 7). Ces derniers sont des bâtonnets très petits et très grêles. Leur axe est fréquemment parcouru par une ligne claire, indice d'une tendance du chromoleucite à se scinder en deux moitiés longitudinales. Le chromoleucite prend d'autres fois la forme d'un X, les aiguilles formant alors deux faisceaux convergents dans leur milieu, divergents par les deux extrémités. Assez souvent aussi, la disjonction des deux faisceaux s'effectuant seulement dans la région moyenne, la partie claire affecte la forme d'une vacuole allongée, fusiforme, aux deux extrémités de laquelle les faisceaux colorés sont réunis. La structure cristalline de ces formations et la tendance des faisceaux d'aiguilles à se séparer expliquent d'une façon très simple les formes parfois singulières de ces chromoleucites. Ce fait nous paraît du même ordre que le phénomène qui détermine la formation des bâtonnets par déroulement de leucites arrondis; mais, chez le *Tamus*, la direction dans laquelle s'établit la solution de continuité est modifiée par la forme cristalline du pigment et par la direction des cristaux.

Entre les faisceaux ainsi disjoints sur une certaine étendue de leur longueur, persiste toujours une certaine quantité de stroma qui suit, sans se rompre, leur écartement progressif. Il nous paraît probable que ces phénomènes sont dus à l'hydratation de la substance protéique.

Les baies de l'*Asparagus officinalis* (pl. XV, fig. 8 et 9) montrent également, à côté des chromoleucites à granules pigmentaires dont il a été question, des fuseaux et des tables

de couleur orangée qui rentrent dans le type que nous étudions actuellement.

Fruits du Lonicera Caprifolium (pl. XV, fig. 10-12). — Les baies de cette espèce constituent, après la fleur du *Cacalia coccinea*, le meilleur des exemples que nous ayons pu observer en ce qui concerne le groupe de formations qui nous occupe. Le fruit mûr contient des leucites orangés, de forme assez variable (indépendamment d'un suc rouge carmin qui occupe les cellules de l'épicarpe). Les figures 10, 11 et 12 de la planche XV montrent les principales de ces formes. Dans certains éléments, ce sont des fuseaux assez obtus, tous dirigés suivant le grand axe de la cellule, et serrés les uns contre les autres comme ceux des bractées du *Strelitzia* (fig. 12, A, A); ce sont ailleurs des fuseaux plus allongés, terminés par des pointes très longues et très grêles, recourbées ou enroulées en boucles (fig. 12, B, B). Ces pointes déliées se recourbent parfois vers l'autre extrémité du leucite (B, à gauche). A côté de ces fuseaux, on observe des tables à trois pointes dont les extrémités offrent la même tendance à devenir flexueuses ou à s'enrouler en boucles. Il est, d'ailleurs, aisé de se convaincre, par l'examen dans la lumière polarisée, que la structure de ces leucites est bien réellement cristalline, structure déjà suffisamment révélée par leurs formes caractéristiques. Souvent un espace clair se montre au milieu des corps colorés triangulaires, indice d'une tendance du leucite à se diviser suivant les côtés du triangle; la scission est ailleurs presque complète, et ces deux termes sont reliés par une foule d'intermédiaires. Les fuseaux eux-mêmes se dédoublent quelquefois longitudinalement, et la manière dont s'accomplit cette scission donne lieu aux diverses apparences que nous avons signalées déjà chez le *Tamus*. La figure 12, planche XV, montre plusieurs exemples de ce phénomène. Ici également, surtout lorsque cette scission se produit chez des leucites jeunes, les portions séparées sont encore réunies l'une à l'autre par une substance protéique très délicate qui semble retenir

une faible portion de la matière colorante (fig. 10 et 11).

La baie du Chèvrefeuille est un exemple intéressant en ce qu'il démontre : 1° que la formation des fuseaux par déhiscence, admise par MM. Kraus et Fritsch comme un fait général, et que nous avons trouvée normalement réalisée dans quelques cas particuliers, n'est, selon nous, qu'une simple modification du phénomène que nous décrivons ici chez des leucites à pigment en aiguilles ; 2° que, contrairement aux données de M. Schimper, ce phénomène est loin d'être toujours un indice d'altération ou de dégénérescence des leucites. En effet, le simple examen des figures ci-jointes (fig. 10, 11 et 12) nous paraît suffire pour prouver qu'il existe bien des intermédiaires entre la déhiscence et le déroulement en fuseaux de leucites arrondis d'une part, et le dédoublement de leucites fusiformes ou tabulaires de l'autre. En second lieu, l'observation des leucites contenus dans des fruits très jeunes démontre que ces phénomènes se montrent souvent dans des chromatophores à peine différenciés, et dans des conditions tout à fait naturelles.

Verte encore, la baie ne contient que des chloroleucites arrondis, fort nombreux, dans les cellules superficielles du péricarpe (fig. 10, A). Leur coloration se modifie avant que leur forme manifeste aucun changement, bien que leur teinte définitive ne se trouve établie que beaucoup plus tard. Les leucites devenus jaune verdâtre s'allongent, deviennent elliptiques, puis s'étranglent dans leur région moyenne et se segmentent (fig. 10, B). Les corps ainsi produits s'étirent en pointes à leurs deux extrémités, ou se constituent en plaques triangulaires dont le volume augmente longtemps encore.

Ajoutons que la cristallisation artificielle du pigment au sein de sa solution alcoolique ou éthérée fournit des filaments flexueux, absolument comparables à ceux que, dans les mêmes conditions, on obtient avec la matière colorante du *Strelitzia*. Ces filaments colorés entraînent souvent la goutte de substance amorphe dans laquelle ils ont pris naissance ; cette dernière s'allonge alors le long des aiguilles, comme le fait

très probablement le stroma des chromoleucites lorsque le pigment prend une forme cristalline.

Baies de Solanées (pl. XV, fig. 13-16). — Nous avons eu l'occasion de parler de ceux d'entre ces fruits dont les chromoleucites renferment du pigment à l'état de granulations amorphes; nous trouvons dans plusieurs autres baies du même groupe de très bons exemples de leucites à pigment cristallisé. Nous ne croyons pas devoir décrire en détails ces formations qui, d'ailleurs, ne se distinguent guère des leucites du Chèvrefeuille que par une coloration rouge parfois plus vive et par des formes plus variées. Signalons d'une manière spéciale les baies du *Physalis fulvomaculata* (pl. XV, fig. 13), du *Sarracha viscosa* (fig. 14), du *Lycium magistocarpum* (fig. 15), des *Solanum corymbosum* (fig. 16), *sysimbrifolium*, *Pseudocapsicum*, etc. L'examen comparatif des figures que nous donnons de ces divers leucites, mais plus particulièrement de celles qui ont trait au *Sarracha viscosa*, et de celles données par M. Fritsch fera comprendre combien il était aisé de se laisser induire en erreur touchant la genèse de ces formations. C'est qu'en effet l'action de l'eau, une compression, l'état trop avancé des tissus, font naître dans ces leucites une ou plusieurs vacuoles; ils se gonflent alors, s'arrondissent, puis éclatent sur un ou plusieurs points. Ils prennent ainsi des formes plus ou moins déchiquetées ou l'aspect de fuseaux qui leur donnent une ressemblance grossière avec de vrais leucites intacts. C'est bien là le phénomène d'altération confondu par MM. Kraus et Fritsch avec le processus normal.

Les leucites dont il vient d'être question coexistent souvent, dans les mêmes fruits, avec des corps colorés de forme et de structure différentes. Tels sont, par exemple, les fruits rouges du *Capsicum annuum* (pl. XVI, fig. 1-3) dans lesquels on rencontre, indépendamment des formes déjà décrites et figurées chez les *Sarracha viscosa* et *Lycium magistocarpum*, des leucites arrondis où le pigment se trouve disposé en granules (fig. 2). Parfois aussi ces granules s'allongent en bâtonnets

(fig. 3) qui s'isolent enfin dans la cavité cellulaire. Ainsi se forment des leucites, en quelque sorte, intermédiaires entre ceux où le pigment est amorphe et ceux dont la structure est cristalline.

Les chromoleucites des baies de Solanées dérivent tous, d'ailleurs, de chloroleucites arrondis dans lesquels prennent ordinairement naissance des grains de fécule, et dans lesquels la chlorophylle forme souvent des granulations nettement visibles. Tel est le cas du *Capsicum annuum* (pl. XVI, fig. 1).

Nous terminerons l'étude des chromoleucites de ce groupe par celle des corps colorés de la Courge jaune.

Fruits du Cucurbita Pepo (variété jaune orangé). — A l'œil nu, une coupe transversale du fruit montre plusieurs régions distinctes :

1° L'épiderme recouvrant une bande fort mince d'un tissu incolore ;

2° Une zone un peu plus large, d'un beau rouge orangé ;

3° Une bande verte, se fondant en dedans et en dehors avec les zones voisines.

Ces trois bandes réunies ne constituent qu'une très minime partie de l'épaisseur totale du péricarpe, formé presque tout entier par le tissu suivant :

4° Une pulpe succulente et charnue, d'un beau jaune orangé.

Examinées au microscope à l'aide d'un fort grossissement, ces diverses régions offrent les particularités suivantes :

1° L'épiderme est formé de cellules à parois fortement épaissies en dehors, allongées perpendiculairement à la surface du fruit. Elles ne contiennent que quelques granulations incolores. Les deux ou trois assises sous-jacentes, formées d'éléments arrondis et assez réguliers, sont également incolores. On trouve dans chacun d'eux un certain nombre de leucites arrondis, sphéroïdaux, dans lesquels on distingue des granulations volumineuses (pl. XVI, fig. 4). Déjà vers la

limite interne de cette zone, quelques leucites montrent des granules de couleur orangée, teinte qui prédomine à peu près seule dans la zone rouge.

2° Les cellules un peu plus larges qui composent cette seconde région contiennent des leucites (pl. XVI, fig. 5) dont le stroma est légèrement nuancé de vert, surtout dans les cellules qui confinent à la bande verte sous-jacente. Dans ce stroma sont englobés de nombreux granules rouge orangé qui, devenant libres dans certains points, se montrent disséminés dans le suc cellulaire, autour des chromoleucites demeurés intacts.

3° Dans la troisième région (zone verte) le pigment rouge fait totalement défaut. On n'aperçoit plus que des chloroleucites sphéroïdaux ou oblongs (pl. XVI, fig. 6) dans lesquels le pigment chlorophyllien n'est pas régulièrement réparti : au sein d'une masse fondamentale d'une nuance plus claire, on aperçoit des corpuscules, oblongs ou fusiformes, dans lesquels la matière verte se montre condensée. A la limite interne de cette zone, les chloroleucites présentent souvent, à leur périphérie, un mince anneau d'un jaune doré (fig. 7), tandis que le centre du stroma contient, comme les chloroleucites de la bande verte, de la chlorophylle en granules oblongs. C'est évidemment là une forme de passage entre les corps chlorophylliens qui viennent d'être décrits et les chromoleucites de la pulpe.

4° Cette dernière ne renferme que des chromoleucites dans lesquels, d'ailleurs, le pigment n'occupe que la périphérie. Le centre de ces corps (fig. 8 et 9, A, A), ordinairement incolore, est pourtant nuancé de vert dans les cellules externes de la pulpe confinant à la bande verte. Au milieu de ce stroma on remarque en outre un ou deux corps arrondis ou obscurément anguleux, se gonflant par la potasse. Nous avons pris tout d'abord ces corpuscules pour de l'amidon ; mais l'iode ne les bleuit pas, et ils se comportent en tout comme des cristalloïdes de nature protéique. Nous avons trouvé entre les chromoleucites (fig. 8) de la pulpe et les chloroleucites

(fig. 6 et 7) de la bande verte assez de formes intermédiaires pour admettre que les chromoleucites à pigment orangé sont des chromatophores semblables aux premiers dans lesquels le pigment chlorophyllien ne s'est pas développé, tandis qu'à la périphérie s'est différenciée une zone capable de former de la matière colorante rouge. Cette dernière constitue assez souvent un simple anneau (fig. 9, A); plus fréquemment encore cet anneau s'étire, sur l'un de ses côtés, en une pointe qui communique au leucite une forme en raquette (fig. 9, B). Enfin la zone colorée du chromoleucite peut également s'étirer en deux pointes diamétralement opposées (fig. 12), le stroma se trouvant ainsi embrassé par deux longs fuseaux de pigment qui le dépassent aux deux extrémités. Lorsqu'il n'existe autour du chromoleucite qu'un simple anneau de pigment, ou bien encore lorsque ce dernier ne se prolonge qu'en une seule pointe, la bande colorée se sépare peu à peu du stroma qu'elle enveloppait et qui ne figure plus définitivement qu'un volumineux appendice sur le côté ou à l'extrémité du filament ainsi formé (fig. 10, 11 et 13).

Les fruits où nous avons observé ces formations avaient, il est vrai, atteint leur maturité; mais ils n'avaient encore subi aucune altération. L'aspect des divers leucites que nous venons de décrire est, d'ailleurs, indépendant de l'action des réactifs et de toute déformation mécanique, les observations ayant pu être faites sur des cellules intactes, et dans le suc même du fruit employé comme véhicule. Cette formation de fuseaux colorés par déroulement d'un corps annulaire est donc ici tout à fait normale. Cependant ce processus diffère de celui qu'admet M. Fritsch pour expliquer la formation des chromoleucites fusiformes par ce fait que la bande colorée périphérique se déroule en se séparant nettement du substratum, tandis que dans les exemples décrits par ce savant, la partie centrale se détruirait, la production et la déhiscence de l'anneau étant dues à la formation de vacuoles.

Les caractères microchimiques de ce pigment concordent avec ceux que nous avons constatés chez tous les chromoleu-

cites de même teinte : bleuissement par l'acide sulfurique concentré, apparition d'une teinte verte par l'iode.

III. — Chromoleucites avec cristaux protéiques et pigment amorphe.

Nous avons parlé déjà des chromoleucites de cette catégorie ; nous n'y reviendrons pas ici, nos observations personnelles se bornant à celles que nous avons rapportées au sujet du *Ranunculus anemonefolius* et de quelques espèces voisines.

IV. — Chromoleucites avec cristaux protéiques et cristaux pigmentaires.

Nos observations personnelles faisant ici également défaut, nous nous contenterons de rapporter celles que M. Schimper a fait connaître à cet égard.

Chez le *Neottia Nidus-avis* (1), cet auteur a observé, dans les parties supérieures de l'axe, des leucites auxquels était fixé latéralement un cristal protéique d'une extrême instabilité. Vers le haut de l'axe on trouve en outre, dans ces leucites, des aiguilles d'un pigment brun inclus dans le stroma. Les leucites du péricarpe et des feuilles périgoniales contiennent, en même temps que des cristaux de pigment, des cristaux incolores de protéine ; ces cristaux, par leur direction et leur mode de groupement, donnent à l'ensemble sa forme caractéristique. Des grains de fécule se rencontrent également dans le stroma.

Comme second exemple de ce genre, M. Schimper décrit les leucites du fruit de *Lonicera Xylosteum* (2) chez lequel on trouve, dit-il, des chromoleucites allongés dont la forme est due à la présence d'un cristal protéique que l'alcool picrique est très propre à mettre en évidence. Ces formations dérivent de chloroleucites qui, déjà, contiennent ordinairement un cristal de protéine. Les fruits du *L. tatarica* concordent en

(1) *Loc. cit.*, p. 118, pl. III, fig. 5-17.

(2) *Loc. cit.*, p. 120.

tous points avec ceux du *L. Xylosteum* jusqu'au dernier stade de développement des corps colorés. Dans cette dernière espèce le cristal protéique disparaît à la maturité, et il est remplacé par des aiguilles d'un pigment orangé disposées en touffes.

Nous avons exposé ailleurs le développement et la structure des chromoleucites du fruit du *Lonicera Caprifolium*, et nous avons dit que, jeunes encore, ces formations montrent des lignes ou des espaces clairs qui tendent à amener la division des chromoleucites suivant la direction des faisceaux cristallins. Nous avons signalé le même phénomène chez d'autres chromoleucites du même groupe, chez ceux du fruit du *Tamus*, par exemple. Ces observations, faites à une époque où les récents travaux de M. Schimper nous étaient encore inconnus, pourraient bien se rapporter à un même ordre de faits. Il ne serait pas impossible, selon nous, que l'apparition de ces lignes claires fût due à la présence d'un cristal protéique trop délicat pour être aperçu tout d'abord, mais qui se gonflerait plus tard, comme le fait le stroma central de certains chromoleucites arrondis dont il amène la déhiscence.

Nous nous proposons de diriger notre attention sur ce point, et de faire connaître dans une prochaine publication, le résultat de nos recherches.

V. — Cristaux ou formations cristalloïdes composés de pigment seul, accompagnés ou non, à l'état définitif, d'une faible proportion de substance protéique.

Les seules plantes où l'on eût signalé, jusqu'à ce jour, la présence de formations de ce genre sont la Carotte cultivée et la Tomate. Les cas analogues sont cependant assez nombreux, quoique les types décrits par nous dans les paragraphes précédents soient de beaucoup les plus fréquents.

M. Fritsch avait observé les singulières formes que revêt le pigment dans la racine de Carotte, et tout d'abord (1), il les

(1) *Loc. cit.*, p. 122.

avait considérées comme de vrais cristaux. Il modifia plus tard cette manière de voir lorsqu'il eut observé des lames de pigment, minces et rubanées, recourbées ou même enroulées en spirale. M. Schimper, par contre, les considère comme de véritables cristaux. « La teinte de ces formations, dit-il, est en partie jaune orangé, en partie d'un rouge pur. Leur forme est le plus souvent rectangulaire, quadrangulaire, plus fréquemment encore allongée en bâtonnets étroits. Les tables sont généralement fort minces, rubanées, planes, çà et là ployées ou plissées; les formes rubanées sont souvent enroulées en cercle de tonneaux. Les bâtonnets sont ordinairement reployés en gouttière, et leurs bords peuvent se rapprocher de façon à former un tube... On trouve enfin, quoique plus rarement, des formes rhomboïdales régulières dont les angles, aigus ou obtus, peuvent être tronqués. Ces formes possèdent à un assez haut degré la double réfraction, et présentent, les formes à angle droit l'extinction exactement parallèle, les formes rhomboédriques l'extinction exactement diagonale. Les propriétés de ces corps montrent suffisamment que ce sont bien là des cristaux, et qu'ils appartiennent au système rhombique. »

A la page 96 du même Mémoire, M. Schimper dit encore, en parlant des chromoleucites de la Tomate et de la Carotte :

« Les cristaux de la Carotte et ceux de la Tomate, les seuls qui soient suffisamment gros et bien formés pour pouvoir être déterminés cristallographiquement, montrent une concordance complète dans la forme. Dans ces deux plantes prédominent les formes en tables et en bâtonnets, le plus souvent contournées d'une manière remarquable; assez souvent ce sont des formes tabulaires. Cette incurvation et ce plissement doivent être rattachés à des influences extérieures. On doit les rapporter sans doute à la même cause que celle à laquelle M. O. Lehmann attribue l'apparition de certaines formes cristallines dans un liquide visqueux. »

* D'après ce savant, ces corps se formeraient à la surface de leucoleucites, dans lesquels prennent également naissance

des grains d'amidon. Ces derniers s'aperçoivent encore fréquemment en contact avec les bâtonnets et les plaques cristallines qui paraissent avoir influencé sur leur accroissement, car on voit leur grand axe parallèle à la direction du cristal.

Nous avons renouvelé sur la racine de Carotte et sur la Tomate les observations de M. Schimper; nous y reviendrons un peu plus loin. Mais nous avons rencontré des formations du même genre bien plus remarquables encore et bien plus faciles à observer dans la pulpe du fruit de la variété rouge du *Cucurbita Pepo*. Ces observations, qui demandent encore à être confirmées par l'étude d'états plus jeunes, nous ont amené à modifier en certains points les idées de M. Fritsch et de M. Schimper. Les caractères microchimiques du pigment de la Courge nous portent à croire que ce dernier est identique, d'ailleurs, à celui de la Carotte. Nous ferons connaître ici les résultats de nos propres observations au point de vue morphologique, et les conclusions que nous nous croyons autorisé à en déduire.

Fruit du Cucurbita Pepo (variété rouge). — La coupe transversale montre, au-dessous de l'épiderme, une bande blanchâtre se confondant avec la masse rouge orangé dont est constituée la presque totalité du péricarpe. L'épiderme est formé d'une rangée de cellules fortement épaissies sur leurs parois externes et latérales, allongées dans le sens radial. Leur cavité ne contient aucun pigment, et il en est de même des quatre à cinq assises sous-jacentes. Mais les cellules de la partie colorée montrent des formes diverses, souvent fort bizarres, dont l'explication doit être recherchée, non point dans une tendance des cristaux à se ployer et à s'enrouler, mais bien dans leur mode de développement (1). On aperçoit tout d'abord des plaques irrégulièrement rhomboïdales et très minces (fig. 14), des rubans plans ou diversement con-

(1) Nous ne voulons pas parler ici de ces courbures que, grâce à leur délicatesse extrême, les lamelles de pigment affectent fréquemment

tournés (fig. 15), ou bien encore des baguettes qui rappellent de très près les formations semblables qui ont été décrites antérieurement dans la Carotte (fig. 16). Malgré l'état de maturité des fruits mis à notre disposition, nous avons observé fréquemment des plaques de ce genre adjacentes à un leucite incolore ou légèrement nuancé de vert, ou bien encore reposant sur sa surface (fig. 17, 18, 19, 20). Ce dernier renferme parfois en outre, vers la périphérie, des granulations irrégulières d'un pigment rouge vif, jaune ou jaune verdâtre (fig. 21). Enfin au centre du leucite se montre le plus souvent un corps d'un blanc brillant, arrondi ou anguleux, identique aux formations du même genre que nous avons décrites dans la variété jaune du même fruit. On trouve enfin des bâtonnets de pigment ou même de longues baguettes colorées reposant sur le leucite, qu'ils dépassent par leurs extrémités (fig. 21). Il nous est arrivé plus rarement de rencontrer de minces plaques simplement ployées à la surface du leucite.

Les formations les plus singulières sont certainement celles représentées dans les figures 22 et 24. Ce sont des rubans colorés enroulés en une longue spire, et dont les tours ne sont souvent visibles qu'à l'aide de puissants objectifs (1) ; à de moyens grossissements, ces rubans spiralés apparaissent comme des bâtonnets dont la véritable constitution ne se révèle que par une légère striation transversale. Le diamètre de ces corps est quelquefois égal sur toute leur longueur, mais fréquemment aussi il diminue d'une extrémité à l'autre, de telle sorte que leur ensemble figure un cône très allongé (fig. 24). Le volume de ces formations varie, d'ailleurs, dans de larges limites, et le ruban coloré, quelquefois réduit à une mince lanière, est d'autres fois visible, même à de faibles grossissements. Il existe encore entre ces corps spiralés et les lames simplement ployées des formes intermédiaires qui nous conduisent à les rattacher à un même type de formations. Ce qui frappe surtout dans l'aspect de ces corps, c'est le nombre,

(1) Obj. 8 à immersion de Verick et oc. 4, ou mieux obj. 12 à immersion homogène et oc. 2.

parfois très considérable, des tours de spire et la régularité de cet enroulement qui fait songer au ruban chlorophyllien des *Spirogyra* et à la spiricule des trachées.

Bien que ces rubans polarisent la lumière et présentent le phénomène de dichroïsme signalé par M. Schimper dans des formations analogues, il nous paraît impossible d'admettre que l'on ait affaire à un véritable état cristallin. Il est d'ailleurs facile de se convaincre que ces formes singulières ne sont pas le résultat d'une modification secondaire due à la flexibilité des lames cristallines; elles représentent réellement l'état primitif de ces corps qui, une fois formés, tendent plutôt à s'aplanir et à se fragmenter. En effet, lorsque le fruit n'a pas dépassé encore un certain degré de maturité, on peut voir des leucites autour desquels ces corps colorés s'enroulent comme une ceinture (fig. 22). C'est évidemment dans cette région périphérique du stroma que ces derniers ont pris naissance, et dès sa première apparition le ruban affecte la disposition qu'il montre dans la suite. On observe, d'ailleurs, d'autres formations absolument identiques, séparées déjà du leucite mère, mais conservant encore en partie leur courbure primitive; d'autres enfin se sont déjà complètement redressées (fig. 24). Le centre de ces formations est occupé par une substance incolore qui se nuance faiblement par l'iode, et qui n'est vraisemblablement qu'une portion de la substance périphérique du leucite qui demeure engagée dans les tours de la spire.

Lorsque le ruban est large, il se déroule et se fragmente transversalement, donnant ainsi naissance à des plaques terminées par des côtés irréguliers. Les larges plaques minces figurées dans la planche XVI, fig. 14, se fragmentent elles-mêmes, et l'on est amené à se demander si, dans la racine de Carotte, une partie des plaques colorées qu'on y observe n'ont pas une origine analogue. Nous sommes loin, d'ailleurs, de vouloir dénier une nature franchement cristalline aux lamelles géométriquement régulières que l'on trouve dans la Carotte et dont nous avons également observé des exemples dans la

Courge; nous pensons seulement qu'à côté de ces cristaux, tout à fait comparables, d'ailleurs, à ceux que nous allons décrire dans la fleur du *Narcissus poeticus*, on doit distinguer des formations simplement *cristalloïdes*, ou mieux des *cristallites organiques*. Cette manière de voir nous paraît d'autant mieux justifiée que certaines roches, étudiées au microscope, laissent voir des substances disposées en spirales dont l'aspect rappelle celui des formations que nous venons de décrire.

Enfin, à ces divers corps, il faut ajouter encore des filaments colorés, très longs parfois et diversement recourbés. On les aperçoit fréquemment nageant librement dans le suc cellulaire; fréquemment aussi ils se montrent pelotonnés autour d'un leucite incolore qui leur a donné naissance (pl. XVI, fig. 26).

Il est infiniment probable que des formations analogues doivent se retrouver dans le fruit d'autres Cucurbitacées. Le *Cucumis Melo* à pulpe jaune nous a offert, en effet, des aiguilles, des tables triangulaires ou quadrangulaires de couleur orangée et appartenant, comme les cristaux de la Carotte, de la Tomate et de la Courge, au type du prisme rhomboïdal oblique (pl. XVI, fig. 27, 31).

La Pastèque rouge de Provence (*Cucumis Citrullus*) doit sa belle couleur rouge à des formations cristallines qu'il nous a été impossible de distinguer de celles de la Tomate, si bien que le dessin que nous donnons de ces dernières formations (pl. XVII, fig. 6) représente tout aussi fidèlement celles de la Pastèque. Nous verrons plus loin que l'étude microchimique ne fait que confirmer cette analogie frappante.

Arille du Passiflora carulea (pl. XVI, fig. 32). — Cet organe, d'un beau rouge pourpre, doit sa coloration à du pigment cristallisé très analogue à celui de la Carotte et de la Courge. Cette matière colorante se présente en aiguilles courtes (fig. 32, A), parfois réunies parallèlement les unes aux autres comme les cristaux des raphides, ou en petites tables oblongues striées en long (fig. 32, B).

Lorsque la graine est très jeune, l'arille est tout à fait incolore. Les cellules qui le constituent montrent alors un noyau volumineux, et dans le protoplasma de nombreux leucocytes que l'iode colore en jaune verdâtre. C'est dans cet amas de leucites, et principalement autour du noyau qu'apparaissent les aiguilles de ce pigment. Bien que, à cause de l'extrême petitesse de ces objets, nous n'ayons pu directement constater les relations génétiques du pigment et des leucocytes, l'analogie nous autorise à admettre qu'elles ne sont pas différentes de ce qu'elles sont ailleurs.

Remarquons en passant que le péricarpe, dans la même plante, contient des chromoleucites arrondis, de teinte orangée, chez lesquels le pigment est absolument amorphe (fig. 33).

Arille de l'Hedychium Gartnerianum (pl. XVI, fig. 34. — Le péricarpe, l'arille et le spermodermes doivent, chez cette plante, leur coloration à des chromoleucites tout à fait distincts, ou à un suc coloré. Nous avons décrit déjà les leucites orangés du péricarpe (p. 54). Le spermodermes doit sa couleur rouge à un suc qui remplit les cellules épidermiques; à ce suc sont mêlés des leucites fusiformes, semblables à ceux du péricarpe, et orientés suivant la longueur des cellules.

L'arille, d'un rouge vif, montre dans ses cellules des bâtonnets d'un rose carmin, très droits et fort nombreux, terminés en pointe, tous dirigés suivant le grand axe de la cellule. A ces bâtonnets se trouvent mêlés des fragments de plaques rhomboédriques (B, B), parfois même des plaques triangulaires (c).

Ces plantes n'ayant été mises à notre disposition que lorsque la graine avait atteint sa maturité complète, nous n'avons pu étudier encore le développement de ces formations. Les réactions de ces dernières concordent, d'ailleurs, en tous points, avec celles du pigment de la Courge et du *Passiflora*.

Couronne du Narcissus poeticus (pl. XVI, fig. 35-37). —

Cette fleur possède un périclanthe blanc jaunâtre et une couronne d'un jaune verdâtre, avec une marge d'un beau rouge orangé.

Les teintes jaunâtres sont déterminées par la présence de sucs de même teinte; mais, dans la partie rouge de la couronne, les cellules contiennent de véritables cristaux d'un rouge carmin (fig. 34). Ce sont des plaques rhomboïdales dont la longueur est, d'ailleurs, variable, quelques-unes d'entre elles s'allongeant jusqu'à prendre l'aspect d'aiguilles cristallines. Dans la région intermédiaire entre le bord coloré de la couronne et la partie jaunâtre de cette dernière, les cristaux sont peu nombreux et disséminés dans le protoplasma.

L'étude du développement de ces formations est extrêmement délicate. Les jeunes cellules de la région cristallifère ont une coloration simplement verdâtre; elles ne renferment alors qu'un protoplasma de même nuance, contenant un très grand nombre de corpuscules protéiques arrondis, fortement réfringents. C'est au sein de ce protoplasma, et probablement à la surface des leucites que se forment les cristaux; car, ainsi que dans l'arille de l'*Hedychium*, le volume de ces derniers est d'abord extrêmement faible (fig. 35). Leur formation n'est pas précédée de celle de l'amidon, et dès que leur grosseur est suffisante pour que leur forme puisse être appréciée, ils se montrent dégagés de tout stroma.

Cet exemple est intéressant en ce qu'il nous montre : 1° que la fleur peut, tout comme les fruits, les graines et les organes végétatifs, contenir de vrais cristaux pigmentaires; 2° que des cristaux peuvent directement se produire grâce à l'activité des leucites, sans que leur formation soit précédée ou accompagnée de celle de ces cristaux imparfaits ou cristallites dont nous avons eu l'occasion de parler.

Le pigment rouge du Narcisse des poètes, extrait par l'éther, ou mieux, par la benzine, laisse former, par concentration, de magnifiques cristaux rhomboédriques.

Fruit de l'Erythroxylon Coca (pl. XVII, fig. 1). — Le fruit mûr montre, dans le parenchyme rouge du péricarpe, des aiguilles fort nombreuses d'un pigment rouge carmin. Ces aiguilles sont droites et toutes d'un volume à peu près égal. Un certain nombre de ces cristaux nagent librement dans le suc cellulaire; mais un grand nombre d'entre eux se montrent à la surface de globules d'un blanc jaunâtre, d'un volume fort inégal, que nous avons pris tout d'abord pour des grains d'amidon. L'iode pourtant ne les colore pas en bleu, tandis que la teinture d'Orcanette leur donne une teinte rouge. Ils se dissolvent dans l'alcool absolu et l'éther, bien qu'avec difficulté, même dans ce dernier véhicule. Il est donc probable que ces globules consistent en un corps gras. Peut-être est-il le produit de l'activité des leucites, de la même manière que de l'amidon se forme au milieu de certains autres. C'est ce qu'il nous est impossible de décider encore, les rares fruits qui ont été mis à notre disposition ayant atteint un degré déjà trop avancé de maturité, ou étant trop altérés pour fournir des données précises. Ces globules existent, dans tous les cas, déjà dans le fruit vert, alors qu'on n'y constate encore aucune trace de pigment.

Fruit des Lycopersicum esculentum et L. pyriforme (pl. XVII, fig. 2-6). — Le pigment de la Tomate avait été déjà l'objet d'un intéressant mémoire de la part de M. Millardet, en 1874 (1); nous avons été heureux de constater que nos recherches sur une espèce voisine, le *L. pyriforme*, entreprises à une époque où nous n'avions pas connaissance de ce travail, ont abouti à des résultats très analogues.

Dans ces deux espèces, le fruit vert ne contient que des chloroleucites arrondis, d'un vert très pur (fig. 2), dans lesquels se forment un ou plusieurs grains d'amidon. Ces derniers augmentent rapidement de volume, s'accolent souvent par leurs faces les plus rapprochées, et bientôt ne sont plus recouverts que par une mince couche de stroma chlorophyl-

(1) Note sur une substance colorante nouvelle (solanorubine) découverte dans la Tomate.

lien. Alors, ainsi que nous l'avons constaté chez le *L. pyriforme*, deux cas peuvent se présenter : tantôt les grains d'amidon font éclater le chloroleucite qui les enveloppe, et deviennent libres dans la cavité cellulaire, au milieu des débris du stroma encore colorés en vert, tantôt ils se résorbent, et le stroma forme de nouveaux pigments. Comme l'indique M. Millardet, la couleur verte est remplacée par une teinte jaune qui, d'après ce savant, serait due à la présence de l'anthoxanthine, tandis que de fines aiguilles rouge carmin se montrent autour des grains de fécule corrodés (fig. 3, A, B, C, D, E). Peu à peu les cristaux augmentent de volume, percent la surface du leucite par leurs extrémités, et dès lors le stroma commence à s'altérer. Il se change en une masse jaunâtre et vésiculeuse qui, en se fusionnant avec le stroma également altéré des leucites voisins, forme une matière amorphe, creusée de vacuoles dans lesquelles restent emprisonnés les cristaux, ou mieux, d'après M. Millardet, les cristalloïdes de *solanorubine*; c'est le nom sous lequel cet observateur désigne le pigment de la Tomate. A l'état naturel, d'après ce savant, ces corps se présentent sous trois formes principales : 1° en petites plaques ou lamelles polygonales; 2° en corps bacillaires ou en triangles larges, dont les bords sont fortement indiqués, ce qui tient à ce qu'ils sont entièrement creux; 3° en longues aiguilles pointues et creuses que cet auteur compare à de longs cornets à coupe transversale ovale ou polygonale.

Nous n'avons rencontré, dans le *L. pyriforme*, que des corps bacilliformes et de fines aiguilles; mais dans la chair du *L. esculentum* nous avons nettement constaté la présence des formes qu'y signale M. Millardet (pl. XVII, fig. 6). Nous n'avons pu nous assurer par nous-même de la présence d'une cavité à l'intérieur de ces cristaux; nous sommes cependant très porté à croire que telle est réellement la constitution de ces formations singulières. Nous avons signalé et décrit, dans la Courge, ces spires creuses et ces lames ployées ou contournées qui naissent à la surface des chromoleucites. Les

formations de la Tomate ne sont certainement que des cristallites très analogues, non seulement comme forme, mais encore comme mode de développement et comme nature chimique. Nous rappelons ici que la chair du *Cucumis Citrullus* renferme des corps cristallins identiques.

Comme tous les leucites rouge orangé et les formations cristallines de même teinte, les cristaux de la Tomate se colorent vivement en bleu indigo sous l'influence de l'acide sulfurique concentré. Nous nous occuperons un peu plus loin des autres caractères chimiques de cette matière colorante que nous ne croyons pas pouvoir considérer, ainsi que le fait M. Millardet, comme une substance spéciale qu'on doit désigner d'un nom particulier.

M. Millardet croit pouvoir admettre que la solanorubine dérive directement de la chlorophylle, car, dit-il, la formation de ce pigment est en relation directe avec la disparition du pigment chlorophyllien, et en outre les propriétés physico-chimiques de l'une et de l'autre matière colorante sont très analogues. Enfin, ajoute cet auteur, l'*anthoxanthine* n'est pas une forme intermédiaire entre la chlorophylle et la solanorubine.

Nous ne croyons pas devoir partager l'opinion de M. Millardet en ce qui concerne cette origine du pigment de la Tomate, quelque analogie qu'il y ait entre ce dernier et la chlorophylle; il nous est en effet absolument impossible, jusqu'à présent, de distinguer, par des caractères précis, la matière colorante cristalline de la Tomate de celle que nous avons décrite dans l'arille de l'*Hedychium* et des cristaux colorés que nous avons également rencontrés dans le tégument séminal du *Magnolia grandiflora*, organes qui, à l'état jeune, ne renferment que des leucoleucites et pas la moindre trace de chlorophylle. Enfin, dans la Pastèque rouge, ce même pigment apparaît dans un tissu d'abord tout à fait incolore. Il nous paraît plus logique d'admettre, vu l'extrême ressemblance de ces diverses formations, que ces dernières prennent partout naissance de la même manière, c'est-à-dire

aux dépens de matières organiques élaborées déjà, et dont la transformation définitive peut être plus ou moins immédiate : les produits de la fonction chlorophyllienne sont, chez la Tomate, changés sur place en pigment rouge, dans le leucite même où ils ont pris naissance, tandis que chez d'autres plantes cette métamorphose n'est réalisée que plus loin, dans des organes soustraits à l'action de la lumière où ces produits ont été transportés. Comme M. Millardet, d'ailleurs, nous ne pensons pas que le pigment jaune de la Tomate constitue une sorte de premier degré dans la transformation des substances destinées à former le pigment rouge, bien qu'il nous soit impossible d'assurer que le pigment jaune ne puisse jamais subir cette modification. Nous avons, d'ailleurs, mentionné plus d'un exemple où la matière colorante rouge se montre directement au sein de la chlorophylle encore intacte.

Il existe certainement beaucoup d'autres plantes chez lesquelles le pigment rouge ou le pigment orangé affectent naturellement la forme de cristaux ou de cristallites. La pulpe de plusieurs Cucurbitacées exotiques, malheureusement indéterminées, montre des formations intéressantes de ce genre, dont nous nous proposons de reprendre l'étude. Le tégument séminal du *Magnolia grandiflora* contient également des lamelles cristallines rouges qui nous ont paru très analogues à celles de la couronne du *Narcissus poeticus*.

Qu'il nous suffise de remarquer pour le moment que, partout où la genèse de ces formations a pu être suivie, on les a vues prendre naissance dans la zone périphérique de leucites, amylières ou non, et que toujours leurs caractères microchimiques ont révélé, sinon une identité complète dans leur composition, au moins une analogie extrêmement étroite.

Résumé de la première partie. — Les chromoleucites naissent toujours aux dépens de chloroleucites ou de leucoleucites. Les leucites peuvent aussi donner naissance à des cristaux de matière colorante ou à des formations cristallines qui prennent naissance à la périphérie du stroma. Dans la

plupart des cas les leucites primitifs forment de l'amidon ; mais ce dernier se résorbe généralement avant que le leucite ait atteint l'état adulte. Quelquefois pourtant (fleurs d'*Hibbertia*, de *Liriodendron*, d'*Hypericum*, etc.), l'amidon persiste dans le chromoleucite dont il amène alors le plus souvent la fragmentation.

Le développement du pigment dans le leucite peut s'effectuer de plusieurs manières. Le plus souvent, s'il s'agit de chloroleucites, la teinte verte de la chlorophylle pâlit peu à peu et se trouve insensiblement remplacée par la couleur jaune ou rouge du pigment nouveau. Plus rarement (*Heliconia aurantiaca*, *Asphodelus*, certains chromoleucites des *Aloe*, etc.) des granules colorés se montrent directement au sein du pigment vert qu'ils refoulent en quelque sorte, et dont ils déterminent la disparition complète. Quand le pigment est amorphe, ou bien encore lorsqu'il revêt la forme de longues et fines aiguilles, il se forme généralement dans toute la masse du stroma ; quand il se montre sous l'aspect de lamelles cristallines, de rubans plus ou moins contournés, sa production est localisée à la périphérie du corps protéique (*Daucus Carota*, *Cucurbita Pepo*, *Lycopersicum esculentum*, etc.).

La forme sous laquelle se présente un pigment est en relation, non pas avec sa couleur, mais bien avec sa nature chimique, son état cristallin ou amorphe, et avec la nature des substances auxquelles il est uni. La nature et la forme des corps colorés sont également indépendantes des affinités naturelles des plantes et de la nature des organes qui les contiennent. On peut déduire pourtant, d'observations nombreuses, les principes suivants :

1° Les teintes bleues, violettes, rouge vineux et rose, sont généralement dues à des suc colorés. Le pigment bleu se présente quelquefois en cristaux ou en granules, mais ces formations n'ont alors aucune relation avec les leucites.

2° Les teintes jaune orangé, rouge orangé, rouge brique, sont dues soit à des suc (ovaire de *Salpiglossis*, fruits de *Ricina*, pétales de l'*Anagallis arvensis*, etc.), soit à des chro-

moleucites dont le pigment est amorphe (*Liriodendron*, *Escholtzia*, Amygdalées, etc.) ou cristallisé (bractées de *Strelitzia*, péricarpe d'*Hedychium*, etc.. etc.), soit enfin à de vrais cristaux ou à des formations cristalloïdes composées de pigment pur (Carotte, Courge rouge, Narcisse des poètes, etc.).

3° Les teintes jaunes sont également dues, soit à des suc colorés, soit à des chromoleucites avec pigment amorphe, jamais à du pigment cristallisé. Dans l'un et l'autre cas, les matières colorantes sont chimiquement distinctes.

Il faut distinguer des vrais cristaux, pouvant être cristallographiquement définis (*Cucurbita Pepo*, *Narcissus poeticus*, *Daucus Carota*, etc.), les formations cristalloïdes ou *cristallites organiques* que l'on peut rencontrer, soit unis à un stroma dans les chromoleucites (bractées du *Strelitzia*, péricarpe de l'*Hedychium Gertnerianum*, etc.), soit définitivement libres ou à peu près libres dans le suc cellulaire, bien que formés dans des leucites (certains corps colorés chez le *Cucurbita Pepo*, le *Daucus Carota*, la Tomate, etc.). La teinte rouge carmin, ordinairement déterminée par des pigments en solution, provient quelquefois de chromoleucites ou de cristaux pigmentaires; mais le pigment rouge dissous et le pigment rouge figuré sont chimiquement distincts.

Les chromoleucites sont toujours formés d'un substratum ou stroma protéique auquel sont unis un ou plusieurs pigments. Le pigment et la matière protéique peuvent s'y trouver, isolément ou simultanément, à l'état amorphe ou à l'état cristallin.

4° Si le pigment est amorphe, aussi bien que le stroma qui le contient, ce pigment s'y trouve englobé sous forme de globules ou de granules qui, souvent, montrent une tendance à se masser vers la périphérie. Les cas où cette structure se montre avec évidence sont assez nombreux. Lorsque le chromoleucite offre une structure homogène, l'analogie et l'examen de types intermédiaires amènent à conclure que le pigment y existe également à l'état de granules amorphes, trop nombreux et trop petits pour pouvoir être aperçus.

2° Certains chromoleucites, au cours de leur développement, forment des cristaux protéiques qui, tantôt persistent, tantôt disparaissent avant que le leucite ait atteint son état définitif. D'autres chromoleucites contiennent à la fois des cristaux protéiques et des cristaux pigmentaires.

3° Les cas où le pigment seul cristallise, ou du moins affecte la forme de cristallites, sont beaucoup plus fréquents qu'on ne l'avait supposé. Les chromoleucites prennent alors l'aspect de fuseaux, de tables à trois pointes, etc., formes qui s'expliquent d'après le mode de groupement et la disposition des faisceaux cristallins. Cette relation entre la forme du chromoleucite et l'état particulier du pigment est confirmée : 1° par l'observation directe, les filaments colorés étant visibles dans certains cas (surtout chez le *Cacalia coccinea*) ; 2° par l'expérience directe, car nous avons réussi, comme on le verra plus loin, à reproduire artificiellement cet état cristalloïde dans des solutions colorées. Lorsque, avec des formes semblables, la structure du chromoleucite paraît homogène, on est conduit par l'analogie et par l'étude optique de ces formations à les considérer comme ayant une structure identique.

Bien que la production des fuseaux colorés soit ordinairement liée à la cristallisation du pigment, des formes analogues peuvent naître, dans des conditions tout à fait normales, par une sorte de déhiscence de chromoleucites arrondis (*Allium sicutum*, Courge jaune orangé, etc., etc.). Ce phénomène est déterminé par le gonflement d'un corps ou d'un cristalloïde protéique central qui rejette le pigment vers la périphérie ; ce phénomène doit être rapproché de cette tendance à la scission longitudinale ou parallèle aux côtés que montrent certains chromoleucites à structure cristalline.

Les cristaux et les formations cristalloïdes consistant en pigment pur, et qui n'avaient été signalés jusqu'ici que dans la Tomate et la racine de Carotte, se présentent en réalité dans un assez grand nombre de fruits, de graines, et même dans certaines fleurs. Tous ces corps colorés prennent naissance dans la zone périphérique de chloroleucites ou de leucites

incolores. Les formes en tubes creux, rubans spiralés, etc., ne sont pas dues à une modification de lames cristallines originairement planes ; elles sont primitives et proviennent du mode même de leur développement. C'est chez la Courge rouge que nous avons trouvé jusqu'ici les formes les plus variées.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE PARTICULIÈRE DES PIGMENTS CONTENUS DANS LES CHROMOLEUCITES OU PRODUITS PAR DES LEUCITES

Nous ne pouvons songer à donner ici l'histoire complète des matières colorantes végétales ; traiter cette question serait sortir du cadre de notre travail, que nous avons voulu maintenir, autant que possible, dans les limites de la morphologie et de l'organogénie. Toutefois, l'étude microchimique des pigments et l'examen de leurs solutions nous ont paru trop importants pour que nous négligions les données que ce genre de recherches pouvait nous fournir. Telles qu'elles sont, ces données constitueront pour notre travail un complément nécessaire.

Si nous essayons d'embrasser d'un coup d'œil l'ensemble des nombreux travaux qui ont eu pour objet l'étude des matières colorantes végétales autres que la chlorophylle, nous constatons que presque tous les auteurs s'accordent à les répartir en deux groupes principaux :

1° Le premier de ces groupes a pour type la substance rouge en solution dans les tissus d'un grand nombre de fleurs et de fruits ; cette substance constitue, avec les matières colorantes qui en dérivent (pigments bleus et violets), la *série cyanique* de A. P. de Candolle (1), nom auquel les auteurs allemands substituèrent celui de *série désoxydée*. Schübler et Franck (2) soumirent ces substances à un examen chimique sérieux ; Cl. Marquart (3) chercha à les rattacher à la chlorophylle ; il donna le nom d'*anthocyane* à la matière colorante bleue des fleurs dont les pigments rouges et violets dérivent par une

(1) *Physiologie végétale*, p. 907.

(2) *Untersuchungen über die Blütenfarben*. Tubingen, 1825.

(3) *Die Farben der Blüten*. Bonn, 1835.

simple modification chimique. MM. Fremy et Cloëz (1) la désignèrent sous le nom de *cyanine*, nom qui fut adopté par M. Filhol (2). M. Martin crut devoir nommer *rouge cyanique* le pigment rouge capable de régénérer la matière colorante bleue sous l'influence des alcalis. Enfin, M. Hildebrandt (3) conserva le nom de *série cyanique* pour l'ensemble de ces substances dont le caractère commun est de rougir sous l'influence des acides, et de bleuir par l'action des alcalis.

2° Les matières colorantes du second groupe ont pour type la matière colorante jaune de beaucoup de fleurs et de certains fruits. Ce pigment et ceux qui s'y rattachent constituent la *série xanthique* de A. P. de Candolle, la *série oxydée* des auteurs allemands. L'*anthoxanthine* de C. Marquart, la *xanthine* de Fremy et Cloëz, le *rouge xanthique* de M. Martin doivent être identifiés aux pigments de la série xanthique. Enfin, plus récemment, M. Hansen (4) a désigné sous le nom de *lipochrome* une matière colorante du groupe des matières grasses, qui, suivant son degré de concentration, donnerait toutes les nuances depuis le jaune clair jusqu'au rouge orangé. Toutes ces matières colorantes possèdent en commun la propriété de bleuir fortement par l'action de l'acide sulfurique concentré. Ajoutons que pour un grand nombre d'auteurs la xanthine serait identique à la *xanthophylle* de Berzelius, ou matière colorante jaune des feuilles étiolées.

En 1874, M. A. Millardet décrivit, sous le nom de *solano-rubine*, la matière colorante rouge de la Tomate dont les propriétés se rapprochent singulièrement de celles de la *carotène*. Ce dernier corps a été étudié chimiquement par M. le docteur A. Arnaud (5) qui a démontré que son extension dans le règne

(1) *Traité de chimie*, traduit par Valérius, t. VII, p. 15.

(2) *Recherches sur les matières colorantes les plus répandues dans les fleurs*.

(3) *Anatomische Untersuchungen über die Farben der Blüthen* (Pringsheim's Jahrbücher, Bd III, année 1863, p. 59).

(4) *Die Farbstoffen der Blüthen und Früchte*, in-8; Würzburg (Stahen), 1884, analysé dans *Botanische Centralblatt*, vol. XX, n° 2, p. 36.

(5) *Recherches sur les matières colorantes des feuilles; identité de la*

végétal est bien plus considérable qu'on ne l'avait supposé ; ce résultat concorde, ainsi qu'on va le voir, avec nos observations personnelles. La *solanorubine* et la *carotine* méritent d'ailleurs, par leurs propriétés chimiques et particulièrement par la coloration bleue intense que leur communique l'acide sulfurique, d'être classées parmi les pigments du second groupe.

Indépendamment de ces substances colorantes qui sont les plus communément répandues, il en est quelques autres moins connues et plus rares dont il est pourtant fait mention dans la littérature de la chimie botanique. Sous le nom de *xanthéine*, Fremy et Cloëz désignent une matière jaune, soluble dans l'eau, et nettement distincte de la *xanthine* par la propriété qu'elle possède de brunir par l'acide sulfurique concentré. Il existerait encore, d'après M. Filhol, diverses substances qui, à peine colorées ou incolores par elles-mêmes, sont susceptibles d'acquérir une teinte plus vive par un phénomène d'oxydation ou sous l'influence des réactifs. A ce groupe se rattachent probablement les corps que M. Reinke (1) désigne sous le nom de *chromogènes*.

Enfin le règne végétal renferme encore diverses substances colorées d'une nature toute spéciale, telles que la *safranine* et la *carthamine*, mais qui n'ont pour nous aucune importance, à cause de leur rareté.

Les résultats auxquels nous a conduit l'examen microchimique d'un nombre assez considérable de fleurs et de fruits, nous ont également déterminé à ranger les pigments végétaux autres que la chlorophylle en deux groupes principaux :

1° Les pigments bleus, violets, roses et rouge carmin, presque toujours en solution dans le suc cellulaire et dont les caractères chimiques sont depuis longtemps connus : bleuis-

matière rouge orangé avec la carotine (*Comptes rendus*, t. C, p. 751. — *Journal de pharmacie et de chimie*, 5^e série, t. XI, année 1885, p. 583).

Recherches sur la composition de la carotine (*Journal de pharmacie et de chimie*, 5^e série, t. XIV, année 1886 (2^e semestre), p. 149).

(1) *Zeitschrift für Physik und Chemie*, t. VI, 1883.

sement par les alcalis des teintes rouges et roses, passage du bleu ou du violet au rouge sous l'influence des acides ;

2° La plupart des matières colorantes jaunes, jaune orangé, rouge orangé et rouge brique que l'on trouve engagées dans des leucites ou qui émanent de leucites.

Le pigment bleu se présente quelquefois à l'état concret ou à l'état cristallin. Nous avons signalé déjà les amas de granulations et les étoiles cristallines que nous avons rencontrés à la base des pétales chez les *Anagallis* et dans le périanthe de l'*Allium Schœnoprasum* ; les fruits bleus des *Dianella* montrent encore, indépendamment du suc coloré qui en remplit les cellules épidermiques, des amas de granulations de même teinte dans les cellules du mésocarpe. L'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique dissolvent instantanément ces formations qui se résolvent en un liquide d'un beau rouge.

La réaction la plus caractéristique des pigments du second groupe est précisément celle que MM. Fremy et Cloëz attribuent à la *xanthine*, M. Hansen à son *lipochrome*, M. Millardet à la *solanorubine*, enfin M. A. Arnaud à la *carotine* ; c'est également celle que nous avons constatée chez presque tous les pigments des chromoleucites et chez tous les cristaux qui en proviennent : nous voulons parler de la coloration bleu indigo que leur communique l'acide sulfurique concentré. Nous n'avons encore observé qu'une exception à cette règle générale ; elle nous est offerte par les chromoleucites des *Aloe*. Cette coloration est pourtant très fugace ; au bout de quelques minutes, le pigment ainsi modifié passe au bleu brunâtre, puis au brun, quelquefois au vert sale, et dès lors la matière colorante est détruite.

Nous avons cependant constaté quelques légères différences dans la manière dont se produit cette réaction, suivant qu'on agit sur des chromoleucites jaunes ou orangés, ou bien encore sur du pigment à l'état cristallin. Dans le premier cas la couleur jaune ou orangée passe d'abord au vert, puis au vert bleuâtre, enfin au bleu indigo ; dans le second, le pigment devient d'abord violet ou rougeâtre, puis d'un bleu intense.

Nous allons donner quelques exemples qui feront mieux connaître les propriétés microchimiques de ces diverses matières colorantes.

1° Les fleurs du *Genista tinctoria* doivent leur coloration à des chromoleucites jaunes avec pigment amorphe. L'*acide sulfurique* concentré colore ces derniers en vert d'abord, puis en bleu indigo; bientôt la masse informe qui résulte de ce traitement passe au vert cendré, et le pigment est détruit sans retour. L'*acide nitrique* colore les chromoleucites en vert; mais cette teinte est fugace: au bout de quelques secondes, toute coloration a disparu. L'*acide chlorhydrique* agit à peine à froid, et d'une façon très lente; à chaud, il communique aux chromoleucites une teinte légèrement verte, puis il les détruit. La *potasse caustique* gonfle le stroma et réduit les leucites en un liquide d'aspect oléagineux; mais la coloration du pigment est fort peu modifiée. La *teinture d'iode*, ou mieux la *solution d'iode dans l'iodure de potassium* communique aux chromoleucites une teinte verte qui ne se détruit qu'à la longue.

2° L'arille de l'*Evonymus japonicus* contient des chromoleucites orangés fusiformes dans lesquels le pigment est à l'état d'aiguilles cristallines, ou mieux de cristallites. L'*acide sulfurique concentré* les colore, en bleu verdâtre d'abord, puis en bleu indigo; les chromoleucites et le pigment se détruisent assez rapidement. — L'*acide nitrique* leur communique une teinte pourpre d'abord, puis violette, nuance qui passe rapidement au bleu verdâtre. Au bout d'une minute environ, toute coloration disparaît. — L'*acide chlorhydrique* détruit lentement le pigment sans en changer sensiblement la teinte. — La *potasse caustique* gonfle les leucites et les résout en un liquide jaune, d'aspect huileux. — La *solution iodée* leur communique rapidement une teinte d'un vert très foncé, sans les détruire.

3° Nous nous sommes occupés ailleurs des chromoleucites à structure cristalline des fleurons de *Cacalia*. Les réactions de leur pigment sont les mêmes que celles du pigment de

l'Evonymus, à cette différence près que l'acide sulfurique concentré ne le colore en bleu intense qu'après lui avoir communiqué une belle coloration violette.

4^e Enfin, si nous essayons les mêmes réactions sur les cristaux et sur les formations cristalloïdes du pigment du *Cucurbita Pepo*, nous constaterons que l'acide sulfurique concentré les colore également en violet d'abord, puis en bleu très pur. — L'acide nitrique les détruit rapidement sans donner lieu à la production de teintes caractéristiques. — L'acide chlorhydrique et la potasse sont peu actifs ; leur action est, d'ailleurs, la même que sur les chromoleucites et sur le pigment du *Cacalia*. — Enfin l'iode colore ces formations en bleu verdâtre.

L'étroite analogie de tous ces pigments, au point de vue chimique, ressort naturellement des exemples que nous venons d'exposer. On constate en outre que les réactions sont d'autant plus nettes et d'autant plus rapides que la structure du chromoleucite est plus franchement cristalline et que, par suite, le pigment se trouve mieux dégagé de toute substance étrangère. Pur, le pigment jaune orangé et le pigment rouge orangé passent d'abord au rouge violacé ou au violet pur, puis au bleu foncé ; cette teinte intermédiaire est due, très probablement à ce que, pendant quelques instants, des particules déjà bleues se trouvent intimement mélangées aux particules rouges encore. Le pigment jaune des chromoleucites bleuit un peu moins rapidement en passant par une teinte verte intermédiaire. Cette dernière est due très probablement au mélange des particules jaunes encore et des particules bleues.

Les pigments jaunes des chromoleucites sont toujours naturellement amorphes et ne peuvent être obtenus artificiellement cristallisés. Ils sont, en outre, insolubles dans l'eau, solubles, mais à un degré généralement faible dans l'éther, le chloroforme et la benzine, plus solubles dans l'alcool absolu. — Les pigments orangés peuvent se rencontrer naturellement cristallisés, et, presque toujours, sont susceptibles de fournir des cristaux artificiels. Ils sont insolubles dans l'eau, solubles

dans l'alcool, plus solubles dans l'éther et le chloroforme.

Les solutions obtenues avec les pigments de cette seconde catégorie sont toujours jaunes ou jaune orangé, alors même que les cristaux ou les formations cristallines naturelles sont d'un magnifique rouge carmin (cristaux de la couronne du Narcisse des poètes, de l'arille des *Hedychium*, du *Cucumis Citrullus*, de la Tomate, etc.). Ce phénomène ne saurait être attribué à une altération chimique de la matière colorante, car ces solutions, comme on le verra ci-après, sont susceptibles de laisser cristalliser le pigment avec la teinte rouge brique ou rouge carmin des formations naturelles. Peut-être ce changement de teinte est-il dû à une modification dans l'état moléculaire, et dans le degré de concentration du pigment à l'état naturel, hypothèse assez conforme aux idées de M. Hansen. Nous nous proposons de compléter ultérieurement ces données par des recherches spectroscopiques.

Pour le moment, en tenant compte de l'étroite analogie que présentent ces matières colorantes à l'égard des principaux réactifs et de l'analogie des teintes que présentent leurs solutions, on est porté à se demander si tous les pigments jaunes des leucites, d'une part, et tous les pigments jaune orangé, rouge orangé et rouges qui proviennent des leucites, de l'autre, ne se rattacheraient pas à deux matières colorantes fondamentales dont elles ne seraient que des dérivés.

Pigment des fleurs et des pédoncules des Aloe. — Nous avons décrit ailleurs les chromoleucites des *Aloe*; ils ne se distinguent par aucun caractère essentiel des chromoleucites à pigment granulé que nous avons étudiés dans le même groupe. Pourtant les caractères physico-chimiques du pigment qu'ils contiennent sont tout à fait spéciaux. Mis en contact avec des fleurs d'*Aloe*, le chloroforme et l'éther ne dissolvent qu'une matière jaune contenue dans les filets staminaux et dans la région moyenne des pièces du périanthe. Le pigment des chromoleucites se dissout, au contraire, avec la plus grande facilité dans l'alcool en donnant une solution rouge

groseille. Même diluée, cette solution n'est jamais jaune ni jaune orangé ; lorsqu'il est peu concentré, le pigment offre une teinte rose. Agitée avec de la benzine, la solution alcoolique lui cède de la matière colorante ; mais l'alcool en retient toujours la plus grande partie.

Fortement concentrée, cette même solution laisse former des globules rouges qui se réunissent au fond du récipient, tandis que la liqueur elle-même se décolore. Ces globules, d'ailleurs, sont entièrement amorphes, et ce pigment ne nous a jamais fourni de cristaux.

L'*acide sulfurique* colore en jaune la liqueur d'où se sont déposés les globules rouges dont il vient d'être question ; ces derniers se colorent en vert jaunâtre (et non en bleu) par l'emploi de ce réactif. Si l'on fait agir celui-ci directement sur les chromoleucites, on les voit se colorer en jaune verdâtre, tandis que le suc cellulaire se teint en jaune. — Avec l'*acide chlorhydrique*, les résultats sont à peu près les mêmes. — L'*acide nitrique* détruit le pigment rouge, après lui avoir communiqué une teinte jaune. — La *potasse* colore également le suc cellulaire en jaune. Les chromoleucites résistent d'abord ; ils prennent définitivement une teinte plus claire, orangée, et les granules de pigment ainsi modifiés se réunissent en gouttelettes. — Le *réactif iodé* colore ce pigment en jaune sale.

L'insolubilité à peu près complète du pigment des fleurs d'*Aloe* dans l'éther et dans le chloroforme, la couleur particulière de sa solution alcoolique, enfin la manière dont il se comporte à l'égard de l'acide sulfurique concentré, en font un type tout à fait particulier.

Nous nous sommes encore servi, pour l'étude des pigments, d'un moyen d'investigation très simple et certainement susceptible de nombreux perfectionnements, mais qui ne nous en a pas moins fourni d'intéressants résultats. Il consiste à traiter l'organe coloré par des dissolvants appropriés, et à faire cristalliser la solution concentrée. Voici, d'ailleurs, la marche que nous avons suivie :

L'organe coloré est divisé aussi parfaitement que possible, ou même réduit en pulpe, puis mis en macération dans l'alcool, l'éther, le chloroforme ou la benzine, après qu'on a éliminé avec soin toutes les parties qui pourraient introduire dans le dissolvant des matières colorantes étrangères. Au bout de deux ou trois jours de macération à froid, la liqueur contient à peu près tout le pigment qu'elle est susceptible de dissoudre. Pour la concentrer, il suffit, si l'on s'est servi comme véhicule de l'éther ou du chloroforme, de l'abandonner à l'air dans un flacon à large ouverture que l'on recouvre simplement d'une étoffe légère ou d'un morceau de papier, pour empêcher la chute des poussières. Si l'on emploie la benzine ou l'alcool, il est nécessaire d'évaporer lentement au bain-marie. Mais comme les matières colorantes sont en général très altérables, il est préférable d'employer, lorsqu'on le peut, le chloroforme ou l'éther afin d'éviter l'action de la chaleur. Lorsque la concentration est assez avancée, on voit se former soit des globules rouges qui se réunissent au fond du réservoir, soit des particules rouge brique qui se déposent également ou qui flottent dans la solution. On aspire alors à l'aide d'une pipette ces globules ou ces particules colorées, et on les soumet à l'examen microscopique. On peut aussi examiner directement une solution concentrée dans laquelle on voit se former des cristaux, si la liqueur est susceptible d'en produire. Ce dernier procédé, toutefois, donne des résultats moins satisfaisants, à cause de la tendance que présentent les dissolvants à fuser loin des bords du couvre-objet.

Nous ferons connaître ici quelques-uns des résultats les plus intéressants obtenus de cette manière.

A. — CRISTAUX ARTIFICIELS.

Pigment des bractées du Strelitzia (pl. XVII, fig. 7-9). — La solution alcoolique est d'un beau jaune orangé lorsqu'elle est concentrée, jaune d'or lorsqu'elle est peu riche en pigment. Si on la réduit à un très faible volume, elle devient rouge

orangé et laisse déposer des globules colorés dans lesquels le microscope montre des aiguilles cristallines d'un rouge carmin, généralement groupées en faisceaux ou en étoiles (fig. 9). Les aiguilles ainsi associées montrent quelquefois une légère courbure (fig. 7). Cette dernière disposition indique que cette matière colorante est susceptible de former, dans certaines conditions, des cristallites filamenteux, ce qui explique la forme des chromoleucites qui la contiennent. Ces considérations trouveront, d'ailleurs, plus loin leur complément et leur confirmation.

Si la cristallisation s'effectue lentement et dans des conditions favorables, on trouve, mêlées aux aiguilles, des tables rhomboédriques (fig. 8, A et B) d'une longueur variable, souvent associées en faisceaux rayonnants. L'une des deux faces terminales du cristal est souvent remplacée par deux facettes de grandeur inégale qui se coupent à angle obtus (fig. 8, B).

Les réactions de ces cristaux sont les mêmes que celles des cristaux naturels de la Carotte et du *Cucurbita Pepo*.

Pigment de l'arille de l'Evonymus japonicus (pl. XVII, fig. 10). — En traitant cet arille comme les bractées du *Streptolizia*, on obtient des cristaux encore plus volumineux. Ce sont des tables rhomboïdales (A), d'une épaisseur variable, et dont les petits côtés sont fréquemment remplacés par deux petites facettes inégales. Ces tables sont ordinairement isolées, ou bien encore elles se montrent groupées en petit nombre et sans ordre apparent.

Lorsque la cristallisation s'effectue d'une façon très lente, les cristaux atteignent de très grandes dimensions et se font surtout remarquer par leur épaisseur (B, C, D); les formes représentées en C et que nous n'avons encore trouvées réalisées que par ce pigment, nous paraissent assez caractéristiques: elles résultent de l'accolement et de la superposition partielle de deux cristaux tabulaires dont les longs côtés ne sont pas parallèles.

Les réactions de ce pigment ne diffèrent en rien de celles que présente celui du *Strelitzia*.

En employant l'éther et le chloroforme on arrive plus difficilement à produire une cristallisation aussi nette, à cause de l'évaporation rapide du dissolvant.

Pigment de la couronne du Narcissus poeticus (pl. XVII, fig. 11). — Ce pigment est remarquable par la facilité avec laquelle il prend la forme cristalline. La solution dans l'éther ou la benzine est d'un jaune orangé très pur. Le liquide éthéré laisse promptement déposer des lamelles rouge brique qui, au microscope, montrent une cristallisation dendritique. Quand la formation des cristaux est plus lente, ce qui a surtout lieu lorsque à l'éther on substitue la benzine, on obtient des cristaux rhomboédriques, à côtés égaux, d'une forme très distincte quoique de volume très différent. Par concentration de la solution éthérée on obtient, indépendamment de ces rhomboédres normaux, des cristaux imparfaits (B, C), à côtés très inégaux, ou bien encore limités par des faces courbes. Ces formes rappellent celles qu'affecte fréquemment l'acide urique dans les dépôts urinaires. On voit assez souvent ces cristaux se grouper en amas rayonnants (E). Très rarement ils prennent la forme de tables allongées (F).

Pigment du fruit de l'Eugenia uniflora (pl. XVII, fig. 12). — Le fruit mûr de cette Myrtacée présente la coloration rouge et la forme d'une Tomate de petite dimension. Sa coloration est due : 1° à un suc rouge qui occupe les cellules épidermiques (bleuissant par les alcalis); 2° à des chromoleucites orangés, en longs fuseaux, qui remplissent les cellules du péricarpe. L'époque tardive à laquelle ces fruits ont été mis à notre disposition ne nous a pas permis d'en faire l'étude complète.

L'éther s'empare aisément de la matière colorante, et la liqueur, évaporée lentement, laisse former des cristaux qui, bien qu'appartenant au même système cristallin (du prisme rhomboïdal oblique), se distinguent de ceux qui ont été précé-

demment décrits par leur forme et leur mode de groupement. Ce sont tantôt de larges et minces tables rhomboïdales, isolées (A) ou simplement superposées (B), tantôt des rhomboèdres bien définis, groupés en petit nombre autour d'un centre commun, de manière à figurer un volant muni de ses palettes (C, C', C).

La couleur de ces cristaux et leurs réactions sont les mêmes que pour les autres matières colorantes du même groupe.

Pigment du Cucumis Melo (pl. XVII, fig. 13). — Aucun caractère essentiel ne nous a permis de distinguer ce pigment de celui du Narcisse des poètes. Comme nous l'avons dit déjà, les cristaux et les formations cristalloïdes du Melon sont d'un jaune orangé, parfois très pâle, tandis que les formations analogues sont, chez le Narcisse, d'un beau rouge carmin. Cette différence de teinte est simplement due à l'épaisseur beaucoup moindre des cristaux chez le Melon; telle est également la cause des colorations si différentes que présentent la pulpe de ce fruit et le bord de la couronne du Narcisse des poètes. L'exemple fourni par ces deux plantes nous paraît très propre à démontrer que des teintes très différentes peuvent dépendre uniquement de la forme cristalline ou de l'état moléculaire d'un seul et même pigment.

La pulpe du Melon, traitée par l'éther, donne une solution d'un beau jaune orangé qui, par concentration, laisse former des rhomboèdres rouge carmin semblables à ceux que donne, dans les mêmes conditions, la couronne du Narcisse (A). Ces cristaux sont tantôt isolés, tantôt associés en amas rayonnants (B). On rencontre, en outre, des plaques rhomboédriques ou trapézoïdales plus minces, d'un rouge orangé (C), des aiguilles droites d'épaisseur variable, enfin des cristaux imparfaits analogues à ceux que l'on obtient avec d'autres pigments.

Quand la solution est très concentrée et que les cristaux se forment avec beaucoup de lenteur, ces derniers constituent des amas d'une épaisseur remarquable, quoique de petites

dimensions. Leur teinte est alors d'un rouge cramoisi très foncé.

Pigment du Cucumis Citrullus. — Comme nous l'avons dit déjà, les cristallites naturels de ce fruit rappellent tout à fait, par leur forme et leur coloration, ceux de la Tomate. Agitée avec de l'éther, la pulpe donne presque instantanément une solution d'un beau jaune orangé qui se fonce rapidement à mesure qu'elle se concentre. Les cristaux qui s'en déposent sont des aiguilles volumineuses, ou plus fréquemment de longues lamelles minces, rouge carmin, fréquemment associées en faisceaux. La figure 8 de la planche XVIII, qui représente les cristaux obtenus dans les mêmes conditions avec l'arille du *Passiflora cerulea*, représente presque exactement ceux que fournit la pulpe de Pastèque.

Pigment des baies du Tamus communis (pl. XVIII, fig. 1). — La solution éthérée de ce pigment laisse déposer de longues et minces lamelles d'une teinte intermédiaire entre le rouge carmin et le rouge orangé. Plusieurs d'entre elles se montrent réunies autour d'un point central. Leurs bords sont assez souvent échancrés en forme d'escalier, et leurs extrémités sont limitées par deux côtés inégaux qui se coupent à angle obtus. Certains d'entre ces cristaux montrent nettement les caractères de plaques rhomboïdales très allongées.

Pigment de la Tomate (pl. XVIII, fig. 2). — Ce pigment a été étudié déjà en 1874, par M. Millardet. Ainsi que nous l'avons déjà dit, nos recherches morphologiques confirment les données fournies par ce savant, et l'analogie de nos résultats se poursuit dans l'étude des cristaux artificiels. La pulpe de Tomate nous a donné presque instantanément, avec l'éther, une solution jaune orangé qui, par évaporation lente, a laissé déposer des aiguilles cristallines, parfois très longues, groupées en étoiles. On rencontre également des plaques rhomboïdales striées suivant leur longueur, et comme formées d'aiguilles accolées.

Aucune réaction ne distingue cette matière colorante de ses congénères.

Pigment de la Carotte (pl. XVIII, fig. 3). — Pour obtenir des cristaux de ce pigment, nous avons dû user de certaines précautions, à cause de son altérabilité plus considérable. Cette altérabilité est-elle inhérente à la nature même du pigment, ou bien dépend-elle des matières auxquelles il est associé? Nous sommes disposé à admettre cette dernière hypothèse, car une fois cristallisée, la *carotine* ne se distingue des pigments déjà décrits par rien d'essentiel.

L'éther donne, avec la pulpe de Carotte, une solution d'un beau jaune orangé qui, rapidement évaporée au soleil, laisse facilement former des cristaux rouge carmin. Ces derniers consistent en lamelles rhomboïdales, ordinairement groupées en amas étoilés. Ces cristaux sont souvent imparfaits et présentent alors des côtés plus ou moins arrondis; d'autres fois ils affectent la forme de larges lames plus ou moins recourbées (B). Lorsqu'ils sont nettement définis, ces cristaux représentent des tables en losanges ou bien encore des polygones à six côtés, de forme allongée (c).

Pigment des baies de l'Arum italicum (pl. XVIII, fig. 4). — Ces fruits doivent leur belle couleur rouge à des chromoleucites rouge brique, arrondis, avec pigment en granules amorphes. La solution éthérée est jaune orangé, et laisse assez difficilement former des cristaux. Cette particularité paraît être due à ce que, dans ces fruits, le pigment cristallisable se trouve associé à une matière colorante jaune amorphe dont les caractères microchimiques sont les mêmes que ceux des chromoleucites jaunes des fleurs, et qui se dissout également dans l'éther.

Les cristaux qui se déposent sont : 1° des lames à bords irréguliers ou de longues et étroites lamelles terminées en pointes, de couleur rouge orangé; 2° des tables rhomboïdales rouge carmin lorsqu'elles sont d'une certaine épaisseur, jaune orangé quand elles sont en lames minces. Ces dernières formations

sont tellement semblables à celles qu'on obtient avec la couronne du Narcisse des poètes que, les deux solutions ayant été préparées dans le même laboratoire, nous avons dû recommencer plusieurs fois nos observations pour nous persuader que nous n'avions point commis d'erreur, ou involontairement mélangé les liqueurs.

Pigment de l'arille du Momordica Balsamita (pl. XVIII, fig. 5). — Cet arille, d'un rouge cramoisi, montre dans toutes ses cellules, autour d'un gros cristal incolore en forme de table carrée, de nombreux chromoleucites rouges arrondis avec pigment amorphe. Vu la faible quantité de tissu qu'il nous a été donné d'examiner, nous avons dû faire agir l'éther sur la préparation elle-même. Il s'est formé, dans les cellules, des cristaux en aiguilles droites et des tables quadrangulaires d'un rouge carmin, de grosseur très variable.

Pigment de la baie de Douce-amère (pl. XVIII, fig. 6). — Les leucites de ce fruit contiennent, avons-nous dit, des cristaux de pigment très petits, englobés dans un stroma de couleur différente. Traitées par l'éther, ces baies donnent une solution orangée qui laisse déposer par concentration : 1° une matière colorante jaune amorphe offrant les caractères de la xanthine ; 2° des cristaux rouge pâle en forme de minces feuillets, susceptibles de se ployer sous l'influence de la moindre pression. Lorsque leur contour est bien défini, ces lamelles se montrent nettement sous l'aspect de minces plaques rhomboïdales. Assez fréquemment elles se groupent en amas rayonnants.

Pigment de la baie du Solanum corymbosum (pl. XVIII, fig. 7). — Les cristaux artificiels fournis par ce fruit ont beaucoup d'analogie avec ceux de la baie de Douce-amère (A, B). Ce sont également de minces lamelles rhomboïdales, souvent très longues, mais qui ne se montrent pas réunies autour d'un point central, comme celles que fournit le *Solanum Dulcamara*. On rencontre, en outre, des aiguilles courtes, bacilli-

formes, souvent légèrement recourbées (c), disposées sans ordre ou réunies en éventail.

Pigment de l'arille du Passiflora cerulea (pl. XVIII, fig. 8). — Cette matière colorante cristallise avec beaucoup de facilité en longues lamelles, souvent groupées autour de centres communs. Ces cristaux montrent assez fréquemment une sorte de striation longitudinale, et leurs bords terminaux sont comme déchiquetés ou entaillés d'échancrures profondes. Comme les cristaux lamellaires du *Tamus*, ceux de l'arille des Passiflores montrent une certaine flexibilité (B). Les formes figurées en C sont également assez fréquentes.

B. — CRISTALLITES ARTIFICIELS.

Le pigment de certains corps colorés traité par les dissolvants, fournissent, au lieu de cristaux, des cristallites d'une forme singulière, intéressante d'ailleurs en ce qu'elle explique la structure et la forme de certains chromoleucites.

Les fleurs de *Cacalia*, par exemple, traitées par l'éther, fournissent une belle solution jaune orangé. Le pigment est cependant un peu lent à se dissoudre, et les fleurons doivent être finement incisés, ou mieux broyés à l'aide d'une petite baguette de verre au fond du vase où doit s'opérer la dissolution. Abandonnée à elle-même, la liqueur concentrée ne tarde pas à laisser déposer des flocons rouge brique fort légers, dans lesquels le microscope montre, au lieu de cristaux, des amas de filaments de couleur orangée, très longs et très flexueux, diversement enchevêtrés, et dont la figure 9 de la planche XVIII donne une représentation exacte. Or, ce n'est point là l'effet d'une cristallisation trop rapide ou l'influence du dissolvant, car nous avons obtenu des formations semblables à l'aide d'autres dissolvants et avec d'autres organes colorés, tels que les fleurs du *Tropæolum majus*, les baies du *Lonicera Caprifolium*. Avec ces deux dernières plantes, les filaments étaient un peu moins longs et moins enchevêtrés.

Si l'on examine les chromoleucites des fleurs de *Cacalia*

et ceux des baies de Chèvrefeuille, on est frappé de l'analogie qui existe entre la courbure des pointes des fuseaux et des tables à trois ou plusieurs angles, et celles des cristallites artificiels obtenus avec la solution de ces pigments. Il est infiniment probable que les aiguilles naturelles des chromoleucites se forment de la même manière. Cette opinion est encore justifiée par la présence, dans les cellules marginales des dents de la corolle du *Cacalia*, de chromoleucites en longs filaments, ou mieux de cristallites isolés (pl. XVIII, fig. 10), volumineux, identiques à ceux que l'on obtient d'une manière artificielle; on reconnaît jusqu'à l'évidence que les chromoleucites en fuseaux ne sont qu'une réunion de ces cristallites accompagnée d'une très faible quantité de stroma.

Il nous reste à faire connaître incidemment certaines matières colorantes spéciales, dont la production est indépendante des chromoleucites, mais dont les propriétés nous ont paru dignes d'être mentionnées.

Matière cristallisable des fleurs de l'*Escholtzia californica* (pl. XVIII, fig. 11).

Les pétales de cette fleur montrent de beaux chromoleucites, jaunes vers l'onglet, orangés dans le haut du limbe. La structure apparente de ces formations est homogène, et leurs caractères microchimiques ne les distinguent en rien de leurs congénères.

Le chloroforme et l'éther dissolvent peu de matière colorante; mais l'alcool fort se charge rapidement du pigment en prenant une couleur jaune orangé. Convenablement concentrée et réduite à un faible volume, cette solution se décolore presque entièrement en laissant déposer :

1° Des sphérules jaunâtres, à surface mamelonnée en chou-fleur;

2° Des globules résinoïdes d'un rouge orangé.

Ces derniers sont constitués par la matière colorante normale des leucites jaunes et orangés : ils verdissent d'abord, puis bleuissent fortement par l'acide sulfurique.

Les concrétions jaunâtres constituent une substance distincte. L'*acide sulfurique* concentré les dissout en formant un liquide d'un jaune serin. L'*acide chlorhydrique* exerce une action analogue. La *potasse caustique*, qui n'a presque point d'action sur le pigment orangé, dissout instantanément la matière jaune cristalline en formant un liquide jaune doré. L'*ammoniaque* exerce une action semblable.

Au microscope, cette substance se montre constituée par des aiguilles jaunâtres, extrêmement fines, groupées en amas soyeux autour d'un centre commun (pl. XVIII, fig. 11).

Il ne nous a pas été possible de déterminer d'une façon précise le siège de cette substance. Nous pensons cependant qu'elle se trouve principalement dans la partie supérieure du limbe des pétales. Dans cette région, on rencontre en effet, indépendamment des chromoleucites, un suc jaune pâle que l'acide sulfurique colore en jaune plus foncé.

Matière cristalline des fleurs du *Linaria lutea*.

Dans cette fleur, comme chez les *Verbascum*, les *Antirrhinum* et les parties jaunes des autres fleurs de *Linaria*, la coloration est due à un suc jaune.

Les fleurs du *Linaria lutea* sont jaunes, avec l'éperon violacé et des taches noires sur le palais. Si on les traite par l'alcool fort, le pigment s'y dissout avec la plus grande facilité en donnant un liquide jaune doré. Par concentration, ce dernier devient jaune orangé, puis rouge foncé, enfin la liqueur se trouble et laisse déposer des concrétions et des lamelles jaunâtres que l'on peut purifier par des lavages à l'éther ou au chloroforme. Examinées au microscope, ces formations se montrent constituées par des aiguilles groupées autour d'un centre commun, comme dans la substance précédemment étudiée chez l'*Escholtzia*. Mais les caractères chimiques de ces deux corps diffèrent essentiellement; leur aspect microscopique est également bien loin d'être le même. Les aiguilles

sont ici beaucoup plus longues et beaucoup plus épaisses, toujours droites et rigides.

Ce corps est peu soluble dans la plupart des dissolvants, dont il se sépare aisément par concentration. L'*acide sulfurique concentré* le dissout rapidement en développant une coloration *rouge sang*. L'*acide chlorhydrique* est inactif sur cette substance. Avec l'*acide nitrique*, point de réaction caractéristique. La *potasse caustique* dissout les cristaux en formant un liquide jaune pâle; la réaction est lente et exige que la solution alcaline soit très concentrée.

Nous avons mentionné déjà, dans la deuxième partie de ce travail, la présence de suc jaunes, jaune orangé ou rouge orangé, dont les réactions sont distinctes de celles des pigments de même coloration que l'on trouve dans les chromo-leucites.

Parmi les cas de ce genre, nous signalerons plus particulièrement les suivants :

1° *Ovaire des Salpiglossis*. — Le suc rouge orangé que contient le tissu de cet ovaire se dissout dans la *potasse* sans changer notablement de nuance. L'*acide sulfurique* s'y mêle aisément en donnant un liquide jaune clair. L'*acide nitrique* donne, avec ce pigment, une coloration d'un jaune orangé qui ne tarde pas à se détruire.

2° *Fruits de Rivina*. — On trouve deux variétés de ces fruits, les uns jaune orangé, les autres d'un rouge orangé très vif.

Ces matières colorantes en solution ont des réactions communes. Elles se troublent en prenant une teinte rougeâtre quand on les traite par le *réactif iodé*. La *potasse caustique* détruit ces pigments en formant tout d'abord un liquide jaune clair. L'*acide chlorhydrique* n'a aucune action, ainsi que l'*acide sulfurique*; l'*acide nitrique* détruit ces substances.

Dans la variété rouge, les cellules épidermiques contiennent en outre un suc rouge carmin qui bleuit par les alcalis (*cyanine* des auteurs).

3° *Fleurs du Mesembrianthemum aureum*. — Les pétales

de cette plante doivent leur brillante coloration à un suc jaune orangé. Ce dernier est insoluble dans le chloroforme ; mais l'alcool absolu, au contact de cette fleur, se colore rapidement en jaune sans priver entièrement celle-ci de sa matière colorante.

La quantité de pigment que nous avons obtenue était trop faible pour qu'il nous fût possible d'en faire l'étude complète. En faisant agir directement les réactifs sur l'organe coloré, nous avons constaté que l'*acide sulfurique* donne simplement au suc une nuance plus claire. L'*acide nitrique* détruit le pigment après lui avoir communiqué une teinte jaune verdâtre. L'*acide chlorhydrique* est sans aucune action.

4° *Pigment du Lotus corniculatus.* — Les fleurs de cette Légumineuse contiennent à la fois des chromoleucites et un suc jaune clair, très abondant surtout dans les cellules papilliformes de l'épiderme supérieur des pétales.

Si l'on fait agir les réactifs sur les cellules, on voit l'*acide sulfurique* concentré colorer les leucites en bleu, et le suc jaune en orangé.

L'alcool forme, avec ces fleurs, une solution d'un jaune doré qui, par évaporation lente, prend une couleur jaune orangé. Ce liquide est légèrement troublé par la présence d'une faible quantité de pigment rouge soluble (cyanine) que contenaient les cellules épidermiques ; on peut l'évaporer à siccité sans obtenir la moindre formation cristalline.

L'*acide sulfurique* concentré colore la liqueur en jaune orangé ; on voit se former en même temps des gouttelettes d'un vert bleuâtre, résultant de l'action du réactif sur le pigment des chromoleucites. L'*acide chlorhydrique* agit de la même manière, mais avec moins de rapidité. L'*acide nitrique* colore la liqueur en rose ; vu sous une certaine épaisseur, le suc ainsi traité paraît rouge. La *potasse caustique* colore la liqueur concentrée en jaune orangé ; la couleur est ramenée au jaune clair par l'*acide sulfurique*. L'*ammoniaque* agit de la même manière. L'*iode* colore ce suc en brun violacé.

5° *Pigment des étamines des Dianella.* — Nous avons déjà mentionné, dans le renflement charnu des étamines de ces

plantes, la présence d'un suc jaune offrant certaines réactions caractéristiques. Ce suc occupe les cellules superficielles et les poils épidermiques de cette région. Le parenchyme contient en outre des chromoleucites jaunes, discoïdaux, fort petits et très altérables, se déroulant aisément en bâtonnets courts et arqués.

Lorsqu'on observe ces tissus dans la glycérine pure, on voit le suc jaune des cellules épidermiques et des poils brunir déjà, probablement par un phénomène d'oxydation.

L'*acide sulfurique* verdit d'abord, puis bleuit les chromoleucites ; le suc jaune se colore instantanément en rouge écarlate. L'*acide chlorhydrique* fumant lui communique une teinte orangée ; mais son action est lente et peu énergique. L'*acide nitrique* détruit promptement le pigment, après lui avoir communiqué une teinte rougeâtre. La *potasse caustique* et l'*ammoniaque* changent la teinte jaune du suc en une couleur pourpre d'une grande intensité. Cette réaction est l'une des plus sensibles et des plus caractéristiques que nous ayons rencontrées.

Résumé et conclusions de la deuxième partie. — Les pigments figurés autres que la chlorophylle, et qui sont les produits de l'activité des leucites, offrent presque tous des caractères communs qui nous permettent de les rattacher à un petit nombre de types :

1° Les *pigments jaunes*, toujours amorphes et non susceptibles de cristalliser artificiellement, peu solubles dans le chloroforme, l'éther et la benzine, beaucoup plus solubles dans l'alcool, insolubles dans l'eau. Leur solution alcoolique, d'un jaune pur lorsqu'elle est étendue, devient, par concentration, d'un jaune orangé. Lorsqu'on l'évapore entièrement, elle abandonne une matière rouge orangé, d'aspect résinoïde, totalement amorphe. *Ce résidu, traité par l'acide sulfurique concentré, se colore, comme la solution elle-même, en vert d'abord, puis en bleu.*

Ces pigments se distinguent si peu les uns des autres qu'ils

nous paraissent représenter un seul et même principe, dont les variations tiennent beaucoup plus à leur degré de concentration et aux matières étrangères qui les accompagnent qu'à leur nature propre. Nous ne voyons aucun inconvénient à désigner ce principe sous le nom de *xanthine* qui ne préjuge rien, ni sur ses relations génétiques avec la chlorophylle, ni sur son siège dans le végétal.

2° Les pigments *jaune orangé* et *rouge orangé*, insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool, plus solubles dans l'éther, le chloroforme, la benzine. Ils se présentent dans la nature, soit à l'état de granulations amorphes, soit à l'état de cristallites (plaques recourbées, tubes creux, rubans spirales, filaments plus ou moins flexueux), soit à l'état de vrais cristaux. La plupart de ces pigments ont pu être obtenus par nous, soit à l'état de cristallites filamenteux, semblables aux cristallites naturels, soit parfaitement cristallisés.

Nous remarquons entre toutes ces substances l'analogie la plus étroite; ceux qu'on ne peut obtenir qu'à l'état de cristallites se relient même à ceux qui forment de vrais cristaux par certaines matières colorantes qui peuvent donner à la fois des cristaux et des cristallites (pigment des bractées du *Strelitzia Reginae*). Les pigments susceptibles de cristalliser donnent, il est vrai, le plus souvent, des cristaux différents par leur forme et leur mode de groupement; mais tous se rattachent à un même type, celui du prisme rhomboïdal oblique. L'état, cristallisé ou amorphe, sous lequel ils existent dans les chromoleucites, ne peut même pas constituer pour eux un caractère distinctif, puisque nous avons vu les chromoleucites granulés du fruit de l'*Arum* donner des cristaux artificiels identiques à ceux que nous ont fournis les cristaux naturels du Narcisse des poètes. Comme second exemple de ce genre, nous pouvons signaler le pigment du péricarpe des Passiflores; ce pigment est engagé dans les leucites à l'état de granulations orangées amorphes (pl. XVI, fig. 33), tandis qu'on peut l'obtenir de sa solution alcoolique sous forme de larges lamelles cristallines d'un rouge carmin.

Parmi ces cristaux, les uns ont une teinte orangée, d'autres sont d'un rouge brique, d'autres enfin sont rouge carmin. M. Schimper avait déjà remarqué ces différences de teinte dans les corps colorés de la Carotte, où il était disposé à admettre l'existence de deux pigments distincts. L'examen d'un grand nombre de formations du même genre nous a permis de conclure que l'épaisseur plus ou moins considérable des cristaux, peut-être aussi un état moléculaire spécial, étaient les seules causes de ces divergences. Les formations naturelles du Melon jaune consistent toutes en lames très minces, d'un jaune orangé très pâle; leur solution éthérée fournit, en même temps que des cristaux lamellaires de même teinte, des rhomboédres plus épais d'un beau rouge carmin.

La couleur de leurs solutions est constamment jaune doré, jaune orangé ou rouge orangé suivant leur degré de concentration.

Traités par l'acide sulfurique concentré, tous ces pigments se colorent en violet ou en rouge violacé, puis en bleu indigo.

Enfin trois d'entre eux, provenant de plantes et d'organes bien différents, se sont montrés à peu près identiques : ceux de la couronne du Narcisse, des fruits d'*Arum*, et de la pulpe du *Cucumis Melo*. Le pigment de la Tomate et celui de la Pastèque nous paraissent également devoir être identifiés.

En présence de tels résultats, nous croyons que toutes ces substances sont très voisines les unes des autres au point de vue chimique, et nous ne pensons pas qu'il soit utile de distinguer de la carotène, sous un nom spécial, le pigment de la Tomate, à moins qu'on ne veuille appeler différemment tous ceux d'entre ces composés qui se distinguent par une forme et un arrangement particulier des cristaux artificiels.

Ces matières colorantes et la xanthine, ou pigment jaune des leucites, sont confondues par M. Hansen sous le nom de lipochrome. Nous ne saurions admettre la manière de voir de M. Hansen, car les pigments jaunes, quelque concentrée que soit leur solution, ne fournissent jamais de cristaux et ne

reproduisent jamais entièrement les caractères des pigments orangés. Cependant les réactions communes aux pigments de ces deux groupes expliquent, sans la justifier, l'hypothèse de M. Hansen.

3° Le pigment *rouge groseille* des chromoleucites des fleurs d'*Aloe* mérite d'être classé à part. Il devient jaune verdâtre par l'acide sulfurique, et sa solution alcoolique est toujours rouge groseille ou rose, jamais jaune orangé ou jaune, quel que soit son état de dilution.

4° Les pigments *jaunes* et *jaune orangé* en solution dans le suc cellulaire sont loin de constituer un groupe homogène. Indépendamment de ceux que l'on peut rattacher à la xanthéine de MM. Fremy et Cloëz et de M. Morot, il en est d'autres qui sont susceptibles de cristalliser et qui, sous l'influence des réactifs, peuvent prendre des teintes diverses (pigments cristallisés de l'*Escholtzia californica* et du *Linaria lutea*), d'autres qui, d'un jaune pur à l'état normal, prennent par les acides et les alcalis des teintes très vives, etc., etc.

D'une manière générale, toutes ces substances se distinguent essentiellement des pigments des chromoleucites en ce qu'elles ne bleussent pas par l'acide sulfurique concentré.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Nos observations personnelles confirment pleinement les données de M. Schimper en ce qui concerne la structure des chromoleucites dont le pigment peut se rencontrer à l'état cristallin ou à l'état amorphe; elles les confirment également, mais d'une façon moins générale, en ce qui concerne le développement des chromoleucites en fuseaux, en tables à trois ou plusieurs pointes, etc. En premier lieu, nous ne croyons pas pouvoir assimiler, comme ce savant, à de vrais cristaux, les cristallites pigmentaires filamenteux qui déterminent la forme de ces corps colorés; en second lieu nous croyons avoir démontré que des fuseaux colorés peuvent se former, dans des conditions tout à fait naturelles, par un processus ana-

logue à celui décrit par M. G. Kraus et par M. Fritsch. Ce phénomène est du même ordre que celui qui amène la scission de certains chromoleucites à structure cristalline en deux ou plusieurs leucites partiels; l'un et l'autre reconnaissent une même cause, à savoir l'hydratation et le gonflement d'une partie du stroma, souvent différenciée en corpuscules ou en cristalloïdes protéiques.

Le pigment pur à l'état de vrais cristaux ou de cristalloïdes n'avait été décrit que dans la Carotte et la Tomate; nous avons démontré que ces formations sont assez répandues dans la nature, et peuvent, d'ailleurs, se rencontrer dans des plantes et des organes fort divers.

Dans l'état actuel de la science, il nous est impossible de décider si les pigments des leucites dérivent directement de la chlorophylle ou s'ils se forment aux dépens de substances élaborées déjà. Naturellement exacte en ce qui concerne les chromoleucites et les formations pigmentaires provenant de leucites incolores, cette dernière hypothèse nous paraît admissible, même alors que la chlorophylle existe dans les leucites primitifs, en raison de l'identité des produits qui prennent naissance dans l'un et l'autre cas.

Le pigment se montre tout d'abord dans le stroma à l'état de solution, ou tout au moins à l'état de division extrême; plus tard seulement il se condense, soit en globules amorphes, soit en cristallites, soit en vrais cristaux. Nous appuyons notre manière de voir : 1° sur l'observation directe, l'apparition des corpuscules pigmentaires étant ordinairement précédée d'un changement de teinte uniforme dans toute la masse du stroma ou dans la partie de ce dernier où doit se montrer le pigment; 2° sur ce fait que nous avons pu obtenir, à l'aide de solutions concentrées, non seulement de vrais cristaux, mais encore des cristallites artificiels semblables à ceux qui entrent dans la structure de certains chromoleucites.

Nous rattachons à deux types principaux les matières colorantes qui se forment dans les leucites :

1° Les pigments jaunes, toujours amorphes, beaucoup plus

solubles dans l'alcool que dans le chloroforme et l'éther, bleuisant par l'acide sulfurique concentré, en prenant d'abord une teinte verte intermédiaire ;

2° Les pigments orangés plus solubles dans l'éther et le chloroforme que dans l'alcool, naturellement cristallisés ou amorphes, le plus souvent susceptibles de fournir artificiellement des cristaux ou des cristallites, bleuisant par l'acide sulfurique concentré en prenant une teinte rouge violacé ou violette intermédiaire.

Les cristaux, soit naturels, soit artificiels, fournis par les pigments de ce second type, dérivent tous du prisme rhomboïdal oblique. Leur coloration jaune orangé, rouge orangé ou rouge carmin, et les teintes analogues qu'ils communiquent aux organes dépendent du plus ou moins d'épaisseur de ces formations ou de l'état moléculaire du pigment. Nous appuyons notre manière de voir : 1° sur ce fait que les solutions de ces matières colorantes dans des dissolvants absolument neutres au point de vue chimique présentent une coloration jaune orangé constante ; 2° sur les teintes variables qu'offrent les formations cristallines, soit naturelles, soit artificielles, suivant leur épaisseur.

Tous les pigments orangés ou rouges ainsi susceptibles de cristalliser sont très voisins de la Carotène, dont ils offrent les principales réactions.

Le pigment rouge groseille des chromoleucites des *Aloe* mérite d'être classé à part.

Les matières colorantes en solution dans le suc cellulaire, et dont les teintes rappellent celles des pigments que forment les leucites, sont de nature diverse. Toutes, d'ailleurs, se distinguent des premières en ce qu'elles ne bleussent pas par l'action de l'acide sulfurique concentré. Deux d'entre elles ont été obtenues par nous à l'état cristallin.

Les recherches consignées dans ce travail ont été poursuivies au laboratoire de Botanique de la Faculté des sciences de Montpellier, sous la bienveillante direction de M. Flahault.

Nous sommes très reconnaissant à M. Diacon, directeur de l'École supérieure de pharmacie, du soin qu'il a pris d'encourager nos efforts, en nous procurant le matériel délicat qui nous a été nécessaire pour accomplir cette étude.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE XIII.

Fig. 1. Coupe transversale d'un pétale d'*Anagyris foetida*, pris sur une fleur très jeune, montrant les chloroleucites en voie de division. Gross. $\frac{800}{1}$.

Fig. 2. Chromoleucites de la même fleur entièrement développés : A, épiderme et assise sous-épidermique de l'étendard, en coupe transversale ; B, épiderme de l'étendard, vu de face. Même grossissement.

Fig. 3-7. Développement des chromoleucites dans la corolle du *Genista tinctoria*. — Fig. 3. Deux cellules épidermiques d'une fleur de 1 millimètre environ. — Fig. 4. Portion d'épiderme dans un bouton plus âgé, montrant les chloroleucites massés surtout autour du noyau. — Fig. 5. Chloroleucites passant à la teinte jaune et déjà disséminés dans le protoplasma. — Fig. 6 et 7. Cellule de la corolle d'une fleur prête à s'épanouir. Même gross.

Fig. 8 et 9. Développement des chromoleucites dans la corolle du *Mahonia ilicifolia*. Même gross.

Fig. 10-14. Développement des chromoleucites dans les fleurons du *Cacalia coccinea*. — Fig. 10 et 11. Deux cellules des bords du limbe. — Fig. 12. Une cellule épidermique d'un pétale plus âgé, montrant les leucites arrondis et d'un vert très pâle encore, groupés autour du noyau, lequel est entouré lui-même d'une zone claire. — Fig. 13. Une cellule des bords du limbe, dans un fleuron non encore épanoui, montrant les leucites déjà écartés du noyau et colorés en rouge orangé. Leur forme est modifiée, mais leur structure se montre encore homogène en apparence. — Fig. 14. Une cellule papiliforme d'un fleuron avant l'anthèse, montrant les leucites qui affectent déjà la forme de fuseaux et de plaques triangulaires : en B, plusieurs de ces fuseaux sont associés en une masse allongée. Gross. $\frac{800}{1}$.

Fig. 15. Une cellule de l'épiderme inférieur d'un pétale de *Ranunculus anemonefolius* avant l'anthèse, montrant les leucites jaunes bacilliformes dans lesquels le cristalloïde est enveloppé d'un stroma jaune amorphe. Gross. $\frac{800}{4}$.

Fig. 16. Ces mêmes chromoleucites après l'anthèse ; le cristalloïde central s'est fortement hydraté. Même gross.

Fig. 17 et 18. Développement des chromoleucites de l'*Helianthemum vulgare*, aux dépens de leucoleucites. Même gross.

Fig. 19-21. Développement des chromoleucites dans la corolle de l'*Androsæ-*

- mum officinale*. — Fig. 19. Leucites primitifs, entourant le noyau. — Fig. 20 et 21. États successifs des chromoleucites renfermant des granules d'amidon. Même gross.
- Fig. 22. Chromoleucites amylières de l'*Hibbertia volubilis* dont le stroma coloré en jaune laisse s'échapper les granules d'amidon. Gross. $\frac{1300}{4}$.
- Fig. 23. Chromoleucites amylières des pétales du *Liriodendron tulipiferum*. Gross. $\frac{1300}{4}$.
- Fig. 24. Chromoleucites du périanthe de l'*Asphodelus cerasifer* : *a*, chloroleucites contenant des granules rouges ; *b*, leucites avec granules de pigment rouge orangé ; *c*, chromoleucites avec pigment rouge granulé. Même gross.
- Fig. 25. Chloroleucites primitifs de la fleur de l'*Heliconia aurantiaca*. Même gross.

PLANCHE XIV.

- Fig. 1. *a*, chloroleucites oblongs de la fleur de l'*Heliconia aurantiaca*, montrant les premiers granules de pigment aux extrémités du stroma ; *b*, chloroleucites larges, montrant les premiers granules de pigment à la périphérie ; *c*, chloroleucites avec granules de pigment disséminés. Gross. $\frac{1300}{4}$.
- Fig. 2. *a*, chromoleucites adultes de la même fleur ; *b*, granules résultant de leur fragmentation. Même gross.
- Fig. 3. Chromoleucites du périanthe de l'*Aloe arborescens* : *a*, chromoleucites à stroma coloré, contenant des granules pigmentaires très distincts ; *b*, chromoleucites à structure apparente homogène. Gross. $\frac{1300}{4}$.
- Fig. 4. *a*, une jeune cellule de l'épiderme du périanthe du *Bulbine semibarbata* ; *b*, chromoleucites adultes de l'épiderme externe ; *c*, chromoleucites adultes de l'épiderme interne. Même gross.
- Fig. 5. *a*, chloroleucites du fruit du *Clivia nobilis* ; *b*, chromoleucites du même fruit. Même gross.
- Fig. 6. Chromoleucites de l'épiderme interne de la base de la corolle chez l'*Atropa Belladonna*. Même gross.
- Fig. 7. Chromoleucites de la base de la corolle chez l'*Armeniaca vulgaris*. Même gross.
- Fig. 8. *a* et *b*, chromoleucites de la corolle du *Geum coccineum*. Même gross.
- Fig. 9. Chromoleucites du fruit du *Ruscus aculeatus*. Même gross.
- Fig. 10. *a*, chloroleucites du fruit de l'*Asparagus officinalis* ; *b*, les mêmes en voie de métamorphose ; *c*, chromoleucites adultes du même fruit. Même gross.
- Fig. 11. Chromoleucites de la baie du *Solanum miniatum*.
- Fig. 12. Chromoleucites d'une fleur de *Tagetes*. Même gross.
- Fig. 13. Chromoleucites d'un fleuron d'*Aster*. Même gross.
- Fig. 14. Chromoleucites de la fleur du *Verbenesia alata*. Même gross.
- Fig. 15. Chromoleucites de la fleur de l'*Hieracium Pilosella*. Même gross.

- Fig. 16. Chromoleucites de la fleur d'un *Calliopsis*. Même gross.
 Fig. 17. Chromoleucites d'une fleur du *Brassica campestris*. Même gross.
 Fig. 18. Chromoleucites de la fleur du *Medicago arborea*. Même gross.
 Fig. 19. Deux cellules épidermiques d'une bractée du *Strelitzia Reginae*.
 Gross. $\frac{800}{4}$.
 Fig. 20. Jeunes chromoleucites des mêmes bractées. Gross. $\frac{4800}{4}$.
 Fig. 21. Chromoleucites adultes du *Strelitzia*, après dissolution partielle du pigment dans l'alcool. Même gross.
 Fig. 22. Chromoleucites filamenteux, formés par déroulement de leucites annulaires, dans la même plante. Même gross.
 Fig. 23. Chloroleucites de la base nectarifère du périanthe de *Allium sicutum*.
 Même gross.

PLANCHE XV.

- Fig. 1. Chromoleucites de la base nectarifère du périanthe de l'*Allium sicutum*. Gross. $\frac{4800}{4}$.
 Fig. 2. Deux cellules du péricarpe de l'*Hedychium Gaertnerianum*. Gross. $\frac{800}{4}$.
 Fig. 3, montrant des chromoleucites diversement groupés en faisceaux. Même gross.
 Fig. 4. Positions diverses des faisceaux de chromoleucites relativement au noyau et à la paroi cellulaire, dans le péricarpe du même fruit. Gross. $\frac{800}{4}$.
 Fig. 5. Chromoleucites se formant par déroulement dans les parties profondes du même péricarpe; en A et en B, on aperçoit le cristalloïde protéique gonflé. Gross. $\frac{4800}{4}$.
 Fig. 6. Chromoleucites à structure cristalline des fleurons de *Cacalia coccinea*. Même gross.
 Fig. 7. Chromoleucites du fruit du *Tamus communis*. Gross. $\frac{800}{4}$.
 Fig. 8. Chromoleucites du fruit de l'*Asparagus officinalis*. Même gross.
 Fig. 9. Chromoleucites en fuseaux du même fruit. Même gross.
 Fig. 10. A, chloroleucites primitifs de la baie du *Lonicera Caprifolium*; B, chromoleucites très jeunes du même fruit. Même gross.
 Fig. 11. Chromoleucites du même fruit à un stade plus avancé. Même gross.
 Fig. 12. Chromoleucites du même fruit entièrement mûr. Même gross.
 Fig. 13. Chromoleucites adultes de la baie du *Physalis fulvomaculata*. Même gross.
 Fig. 14. Chromoleucites adultes de la baie du *Sarracha viscosa*. Même gross.
 Fig. 15. Chromoleucites adultes de la baie du *Lycium magistocarpum*. Même gross.
 Fig. 16. Chromoleucites adultes de la baie du *Solanum corymbosum*. Même gross.

PLANCHE XVI.

- Fig. 1. Chloroleucites d'un jeune fruit du *Capsicum annuum*. Gross. $\frac{800}{4}$.
- Fig. 2. Chromoleucites du même fruit mûr. Même gross.
- Fig. 3. Chromoleucites englobant des corpuscules pigmentaires bacilliformes. Même gross.
- Fig. 4. Leucoleucites de la région externe du fruit du *Cucurbita Pepo*, variété jaune orangé. Gross. $\frac{4300}{4}$.
- Fig. 5. Chromoleucites avec pigment granulé de la région sous-jacente du même fruit. Même gross.
- Fig. 6. Chloroleucite de la zone verte du même fruit. Même gross.
- Fig. 7. Chloroleucite de la zone verte, montrant une zone périphérique pigmentifère. Même gross.
- Fig. 8. Chromoleucite de la pulpe, montrant une dernière trace de pigment vert au milieu du stroma. Même gross.
- Fig. 9. Chromoleucites de la pulpe, avec pigment localisé à la périphérie. Même gross.
- Fig. 10. Un filament coloré se séparant du stroma légèrement teinté de vert et contenant des cristalloïdes. Même gross.
- Fig. 11. Chromoleucites avec un fuseau coloré reposant sur leur surface. Même gross.
- Fig. 12. Chromoleucites pourvus de deux fuseaux de pigment confondus par leurs extrémités. Même gross.
- Fig. 13. Chromoleucite avec un double fuseau de pigment. Même gross.
- Fig. 14. Lamelles rhomboïdales de la pulpe du *Cucurbita Pepo* (variété rouge orangé), formées de pigment pur. Même gross.
- Fig. 15. Rubans de pigment diversement repleyés. Même gross.
- Fig. 16. Aiguilles cristallines naturelles du même pigment. Même gross.
- Fig. 17, 18, 19 et 20. Lamelles cristallines reposant à la surface de leucites, ou leur étant adjacentes. Même gross.
- Fig. 21. Chromoleucites du même fruit, contenant un cristalloïde et montrant des granules pigmentaires amorphes à leur périphérie. Une baguette cristalline repose à la surface de deux d'entre eux. Même gross.
- Fig. 22. Un chromoleucite du même fruit, contenant un ruban spiralé dans sa région périphérique. Même gross.
- Fig. 23, 24 et 25. Rubans pigmentaires spiralés, isolés du leucite mère. Même gross.
- Fig. 26. Un filament de pigment enroulé, du même fruit. Même gross.
- Fig. 27, 28, 29, 30 et 31. Formations cristallines de la pulpe du *Cucumis Melo* (var. jaune). Gross. $\frac{800}{4}$.
- Fig. 32. Aiguilles cristallines de l'arille du *Passiflora cærulea*. Même gross.

Fig. 33. Une cellule du péricarpe du *Passiflora cœrulea*. Gross. $\frac{4300}{4}$.

Fig. 34. Lamelles cristallines de l'arille de l'*Hedychium Gaertnerianum*.
Même gross.

Fig. 35. Une cellule des bords de la couronne du *Narcissus poeticus* d'une fleur en bouton très jeune. Gross. $\frac{800}{4}$.

Fig. 36. Une cellule plus âgée du même organe. Même gross.

Fig. 37. Une cellule adulte contenant des lamelles cristallines. Même gross.

PLANCHE XVII.

Fig. 1. A, corpuscules incolores, entourés d'aiguilles de pigment, dans le péricarpe du fruit de l'*Erythroxylon Coca*; B, les mêmes formations traitées par la potasse. Gross. $\frac{4800}{4}$.

Fig. 2. Chloroleucites d'un jeune fruit de *Lycopersicum pyriforme*. Gross. $\frac{800}{4}$.

Fig. 3. A, B, C, D, E. Chloroleucites dans lesquels l'amidon se résorbe, tandis que le pigment apparaît sous forme de petits cristaux. Même gross.

Fig. 4. Chromoleucites avec pigment cristallisé et d'où l'amidon a complètement disparu. Même gross.

Fig. 5. Leucites avec aiguilles de pigment. Même gross.

Fig. 6. Cristaux pigmentaires naturels. Même gross.

Fig. 7. Aiguilles courbes artificielles, formées par le pigment des bractées de *Strelitzia Reginae*. Gross. $\frac{800}{4}$.

Fig. 8. Lamelles rhomboïdales artificielles du même pigment. Même gross.

Fig. 9. Amas d'aiguilles cristallines droites, formées artificiellement par le même pigment. Même gross.

Fig. 10. Cristaux artificiels, formés par le pigment de l'arille de l'*Evonymus japonicus*. Même gross.

Fig. 11. A, B, C, D, E, F, cristaux artificiels, formés par le pigment du *Narcissus poeticus*. Même gross.

Fig. 12. A, B, C, cristaux artificiels, formés par le pigment du péricarpe de l'*Eugenia uniflora*. Même gross.

Fig. 13. A, B, C, D, E, cristaux artificiels, formés par le pigment de la pulpe du *Cucumis Melo* (variété jaune). Même gross.

PLANCHE XVIII.

Fig. 1. Cristaux artificiels, formés par le pigment des baies de *Tamus communis*. Gross. $\frac{800}{4}$.

Fig. 2. Cristaux artificiels, formés par le pigment du *Lycopersicum esculentum*. Même gross.

Fig. 3. Cristaux artificiels, formés par le pigment de la Carotte. Même gross.

Fig. 4. Cristaux artificiels, formés par le pigment des fruits de l'*Arum italicum*. Même gross.

Fig. 5. Cristaux incolores naturels et lamelles cristallines artificielles, obtenues avec le pigment de l'arille du *Momordica Balsamita*. Gross. $\frac{800}{4}$.

Fig. 6. Cristaux artificiels, formés par le pigment des baies de Douce-amère. Gross. $\frac{800}{4}$.

Fig. 7. A, B, C, cristaux artificiels et formations cristalloïdes, obtenus avec le pigment de la baie du *Solanum corymbosum*. Même gross.

Fig. 8. Cristaux artificiels du pigment de l'arille du *Passiflora caerulea*. Même gross.

Fig. 9. Cristallites artificiels, obtenus à l'aide du pigment du *Cacalia coccinea*. Même gross.

Fig. 10. Chromoleucites filamenteux des cellules des bords du limbe, chez le *Cacalia coccinea*. Gross. $\frac{800}{4}$. En B, un chromoleucite dans lequel apparaît un cristalloïde gonflé.

Fig. 11. Substance cristalline, extraite de la fleur de l'*Escholtzia californica*. Même gross.

Vu et approuvé, Paris, le 10 novembre 1887.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

E. HÉBERT.

Vu et permis d'imprimer, le 10 novembre 1887.

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris.

GRÉARD.

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

ZOOLOGIE. — Développement des Insectes et métamorphoses.

GÉOLOGIE. — Classification des terrains tertiaires; à quelle époque et par quels auteurs a-t-elle été établie? Exposer les faits principaux sur lesquels elle repose.

Vu et approuvé, Paris, le 10 novembre 1887.

Le Doyen de la Faculté des sciences,

E. HÉBERT.

Vu et permis d'imprimer, le 10 novembre 1887.

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

GRÉARD.

ERRATA

Page 279, ligne 2, *au lieu de* : pl. I, *lire* : pl. XIII.

— 314, ligne 7 de la note, *au lieu de* : pl. III, fig. 5, A, et pl. VI, fig. 10),
lire : pl. XV, fig. 5, A, et pl. XVIII, fig. 10.

— 316, ligne 1, *au lieu de* : pl. XIV, *lire* : pl. XV.













